

الحَقِيقَةُ الرِّمَازِيَّةُ

الألف كتاب الثاني

الإشراف العام

د. سمير سرحان

رئيس مجلس الإدارة

رئيس التحرير

أحمد صليحة

سكرتير التحرير

عزت عبدالعزيز

الإخراج الفني

علياء أبوشادي

الحَقِيقَةُ الرَّمَادِيَّةُ

د. السيد نصر السيد



الهيئة المصرية العامة للكتاب

١٩٩٧

تقديم

لا يجد الانسان غضاضة ، من آن الآخر ، في تغيير ملابسه ليساير أحدث خطوط « الموضة » . وهو أيضا لا يكف عن تبديل ما يستخدمه من أدوات ليساير التقدم التكنولوجي . ولكنه ، وبالرغم من حبه للتغيير ، يقاوم أى تغيير فيما يتعلق بأفكاره وتصوراته عن الواقع الذى يعيش فيه . ولا يصدق هذا الأمر قدر صدقه في حالة « المنطق التقليدى » الذى وضع أسسه الفيلسوف اليونانى أرسطو في القرن الثالث الميلادى فاستمرت قواعده وقوانينه تفعل فعلها في تشكيل حضارة الانسان وفكره أكثر من عشرين قرنا من عمر الزمان . وعلى الرغم مما شهدته الانسانية من ثورات فكرية غيرت أغلب تصوراته عن الواقع ، فان أسس هذا المنطق العتيق ظلت صامدة أمام رياح التغيير .

من هنا كانت قيمة العمل الذى أنجزه لطفى زاده في أوائل ستينيات القرن العشرين . فلقد تمكن هذا العالم الأمريكى ، ذو الأصل الايرانى ، من وضع حجر الأساس لمنطق جديد . منطق جديد يتجاوز ثنائية الخطأ والصواب الصارمة التى قام على أساسها المنطق التقليدى ، ليقترب أكثر من واقع الانسان . هذا الواقع الذى ينتفى به المطلق ، ولا يخلو أمر من أموره من امتزاج الخطأ والصواب بدرجة أو أخرى . وهكذا ولدت « الحقيقة الرمادية » الثرية بتعدد الدرجات لتحل بذلك محل « الحقيقة ذات اللونين » ... حقيقة الأبيض والأسود .

ويعرض هذا الكتاب ، لأول مرة باللغة العربية ، للملمح هذه الرؤية الجديدة التى لم يقتصر أثرها على فكر الانسان ، بل امتد ليتجسد في العديد من المنتجات التى يستخدمها الانسان في حياته اليومية . يعرضها للقارئ المهتم بالرؤى الجديدة التى تمخض عنها القرن العشرون لتكون أساسا للحضارة المقبلة . . حضارة الألف الثالثة ، سواء أكان هذا القارئ ذا خلفية ثقافية عامة أم ذا خلفية علمية متخصصة .

د. السيد نصر الدين السيد

فالباخ - سويسرا

فبراير ١٩٩٦

الفصل الأول

هذا ما جناه علينا أرسطو !

لم تحظ أية لغة من لغات الانسان الطبيعية ، بشئى فصائلها
 يتقدير ، أيا كان نوعه ، من علماء الرياضيات ... ! لا فهم ينظرون
 الى كلمات تلك اللغات وتعبيراتها وتراكيبها بشك وريبة ، لا فتقدها
 الدقة فى التعبير عما ينشئون من تصورات وأفكار ، يأخذون عليها
 جميعها غلظتها وما تحمله وما تؤدى اليه من لبس وغموض وإبهام .
 ولم يكتف هؤلاء بنظرتهم المتعالية والمزدرية للغات الانسان الطبيعية ،
 بل عبروا عنها بطريقة عملية فابتدعوا لغتهم الرمزية الخاصة التى
 ضمنوها ما اعتقدوا أنه يكفل لها دقة التعبير وانضباط الصياغة ،
 واستخدموها فى تمثيل أفكارهم وتصوراتهم . وهكذا أصبحت لأمة
 الرياضيات لغتها الرسمية التى يستخدمها أهلها فى التحاور فيما بينهم
 ولا يقبلون بغيرها بديلا . والحق أن تطور الرياضيات قد ارتبط
 ارتباطا وثيقا بتطور لغتها التى لم يكف أهلها ، بمختلف فصائلهم ، عن
 صقلها وضبط صيغها وتراكيبها جيلا بعد جيل .

وقد شهد النصف الثانى من القرن التاسع عشر ميلاد صيغة جديدة
 من صيغ هذه اللغة على يد عالم الرياضيات الألمانى جورج كانتور
 (١٨٤٥ - ١٩١٨ م) . وكانت هذه الصيغة هى « الفئة » Set
 التى استمدت قوتها من بساطتها المتناهية ، ومن كفاءتها الفائقة على
 التمثيل المحكم لأكثر المفاهيم الرياضية تعقيدا وتجردا ، ومن قدرتها
 على التعبير البليغ عن مدركات الانسان مادية كانت أم معنوية .
 و « الفئة » ، كما يعرفها علماء الرياضيات ، هى تعبير رمزى عن أى
 تجميع اختيارى لأشياء ، مجردة أو ملموسة ، تشترك جميعها فى سمة (١)
 واحدة أو أكثر . فعلى سبيل المثال تعبر فئة « الروايات المحفوظة » ،
 رم ، عن كافة الروايات التى ألفها نجيب محفوظ ، أى أن :

رم = [كفاح طيبة ، عبث الأقدار ، رادوبيس ، ...]

أما فئة « شركات انتاج السيارات » ، ش ا س ، فهى الفئة التى
 تضم كافة الشركات المنتجة للآلات التى تتوفر فيها سمات من قبيل :

(١) السمات هى الصفات التى يتمتع بها الشئ موضع الاهتمام مضافا اليها طبيعة
 العلاقات التى تربطه بالأشياء الأخرى .

احتواؤها على محرك احتراق داخلي ، تتحرك على عجل مطاطي ،
يقودها انسان ، أى أن :

شاس = [فيات ، فيرارى ، مرسيدس ، اودى ، فورد ، جنرال

موتورز ، تويوتا ، نيسان ، فولفو ،] .

وبالطبع يمكن تقليص حجم الفئة ، أى انقاص عدد أعضائها ،
بزيادة عدد السمات التى ينبغى أن تتوفر لديهم كأن تضيف للسمات
السابقة جنسية الشركة المنتجة أو موقعها الجغرافى . ويعرف أسلوب
تمثيل الفئات القائم على سرد كافة أفرادها بين القوسين [] بـ « الطريقة
الصريحة » .

وبقليل من التأمل نكشف عدم جدوى هذه الطريقة لتمثيل الفئات ،
فئة « الكلمات العربية » ، على سبيل المثال ، تضم كافة كلمات اللغة
العربية قديمها وحديثها ، مهجورها وشائعا ، ويتطلب تمثيلها طبقا
للطريقة الصريحة عدة مجلدات . وإذا كان هذا هو الوضع فى حالة
« الفئات المنتهية » Finite set التى يمكن حصر أفرادها وعددهم
كثمة « الكلمات العربية » ، فانه يصبح غير محتمل وغير ممكن فى حالة
« الفئات اللامنتهية » Infinite set ، التى لا يمكن عد أفرادها .
فعلى سبيل المثال : كيف يمكن تمثيل فئة الأشياء
خضراء اللون بواسطة الطريقة الصريحة ؟ . أو كيف يمكن استخدام
الطريقة الصريحة فى تمثيل فئة لامنتهية كثمة « الأعداد الزوجية » ،
 E ، التى تضم كل الأعداد الصحيحة التى تقبل القسمة على اثنين ،
أى أن :

$$E = \{ 2, 4, 6, 8, 10, 12, \dots \}$$

ولم « يغلب حمار » علماء الرياضيات ازاء هذا الوضع فاتفقوا
على طريقة أخرى تركز فقط على ذكر السمات التى ينبغى أن يتمتع
بها أفراد الفئة وذلك بدلا من ذكرهم فردا فردا كما هو الحال باستخدام
الطريقة الصريحة ، وأطلقوا على هذه الطريقة اسم « الطريقة الضمنية »
لتمثيل الفئات . فالفئة X التى يتمتع كل فرد من أفرادها ، X .
بالسمة (أو مجموعة السمات) P يتم تمثيلها على الصورة التالية :

$$X = \{ x/x \text{ has the property } P \}$$

حيث تقرأ العلامة (/) « حيث أن » أو « بشرط » . وهكذا يمكن

تمثيل الفئة اللامتناهية « الأعداد الزوجية » ، E ، على الصورة التالية :

$$E = \{ e / e \text{ is an even integer} \}$$

أما الفئة المتناهية « الروايات المحفوظية » ، رم ، فتأخذ الصورة التالية :

$$\text{رم} = [\text{ر/ر} \text{ هي رواية من تأليف نجيب محفوظ}] .$$

وقد أخذت هذه الصيغة الجديدة بلب أهل الرياضيات فشففوا باستخدامها شغفا محمواً رأينا آثاره تتبدى في أدبياتهم سواء أكانت كتباً أم مقالات متعمقة ، تطرح على المتخصصين أحد موضوعاتها ، أم كانت كتباً مدرسية تعلم مبادئها الأولية لأطفال المدارس أو تعرض عناصرها المتقدمة لطلاب الجامعات . وهكذا رأيناهم وهم يمضون قدماً في الاستعانة بها لإعادة صياغة ما كان معروفاً من مقولاتها ، ويستخدمونها لاستحداث الجديد منها . وبالطبع لم يكن « المنطق الرمزي » Symbolic logic (أو المنطق الرياضي Mathematical logic) الذي يعتبر الصياغة الرمزية للمنطق التقليدي ، باستثناء . فلقد طالته هو الآخر تأثيرات « الفئة » وفعلت فيه فعلها الذي سنوضحه بالنسبة لواحد من أهم مفاهيمه الأساسية وهو مفهوم « التصور » Concept . فالناطق يعرفون التصور بأنه « فكرة مجردة كلية تعكس السمات الجوهرية للأشياء » [١] . فهو في عرفهم « فكرة » بمعنى أن وجوده ذهني في عقل الإنسان ، وهو « كلي » بمعنى انطباقه على عدة أفراد . وهو فوق ذلك كله يعكس فقط تلك « السمات الجوهرية » التي تميز الشيء أو الموضوع المعنى عن بقية الأشياء والموضوعات . وبلغت المناطق ، فإن « كل تصور (يصدق) على أفراد و (تفهم) منه مجموعة سمات » [١] . فكلية « إنسان » هي التمثيل اللغوي لـ « تصور » يصدق على أفراد البشر الموجودين اليوم والذين وجدوا من قبل والذين سيوجدون في المستقبل ، وتفهم منه مجموعة صفات من قبيل كائن حي ، مفكر ، ناطق ، ... ، تنطبق عليهم جميعاً . ويطلق على مجموع الصفات التي تفهم من اللفظ كلمة « المفهوم » Intension أما الأفراد الذين يتمتعون بهذه الصفات فيطلق عليهم « الماصدق » Extension . وهكذا يمكننا القول بأن « الطريقة الصريحة » لتمثيل الفئات ليست إلا تعبيراً عن « ماصدق » التصور الذي تمثله الفئة وذلك بسردها لكافة الأفراد المنتمين إليها ، بينما تعبر « الطريقة الضمنية » عن « مفهوم » التصور باهتمامها بالسمات التي يتعين تمتعهم بها .

وإذا كان من طيائع الأمور أن يضع أصحاب لغة ما القواعد والقوانين التي تحكم استخدام عناصرها ، من حروف ومفردات وصيغ وتراكيب ، وتضبط اشتقاق تلك العناصر بعضها من البعض الآخر ، فإن هذا الأمر يصبح لازماً بالنسبة للغة الرياضيات . وهكذا رأينا أهل تلك اللغة وهم يقننون لكيفية استخدام الصيغة الجديدة ، الفئة ، ويضعون قواعد التعامل معها . ومن أهم هذه القواعد تلك التي تحدد كيفية تكوين فئات جديدة من تلك الموجودة فعلاً ، أو بعبارة أخرى « **القواعد الصرفية** » لاشتقاق الفئات ... ! وأولى هذه القواعد هي قاعدة « **اتحاد الفئات** » Union التي تنص على أنه يمكن ضم فئتين (أو أكثر) معا لتشكلا فئة جديدة تضم معا كلا من عناصرهما ويرمز لها بالصيغة :

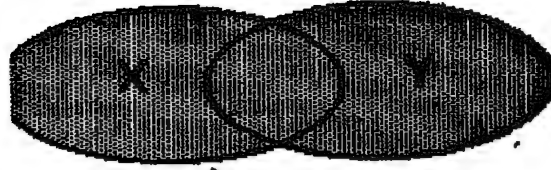
$$X \cup Y$$

حيث يرمز الحرف X الى الفئة الأولى ، ولتكن على سبيل المثال فئة (**النساء ذوات الشعر الأسود**) ، ويرمز الحرف Y الى الفئة الثانية ، ولتكن فئة (**النساء ذوات الشعر الكستنائي**) ، ويشير الرمز $X \cup Y$ الى عملية الاتحاد بينهما . أى أن الفئة الناتجة عن اتحاد الفئتين X, Y تضم (**كل النساء من ذوات الشعر الأسود والشعر الكستنائي**) على السواء . هذا ويمكن التعبير رمزيا عن الفئة الناشئة عن اتحاد الفئتين X, Y (أى الفئة التي تحتوى على عناصر كل من الفئتين) كما يلي :

$$X \cup Y = \{ a/a \in X \text{ or } a \in Y \}$$

حيث يستخدم الرمز \in للإشارة الى انتماء العنصر a الى فئة بعينها . ولما كانت لغة الرموز لا تقتصر فقط على حروف اللغات الطبيعية بل تتسع لتشمل الرسوم والأشكال ، فإن عالم الرياضيات الانجليزى جون فن (١٨٣٤ — ١٩٢٣ م) J. Venn قد ابتدع طريقة بسيطة لتصوير تلك القواعد . وتقوم هذه الطريقة على تمثيل الفئة ، أية فئة ، بواسطة شكل ما قد يكون دائرة أو مربعاً أو أى شكل آخر يتم الاتفاق عليه . أما الفئة الناتجة عن أية عملية يتم اجراؤها على فئتين أو أكثر فيرمز لها بالجزء المظلل من الأشكال المستخدمة . وهكذا يمثل الشكل (١ - ١) مخطط فن لتمثيل الفئة الناتجة من اتحاد الفئتين X, Y.

أما ثانياً هذه القواعد فهي قاعدة « **تقاطع الفئات** » Intersection التي يرمز لها بالرمز \cap . فعلى سبيل المثال إذا كانت الفئة X

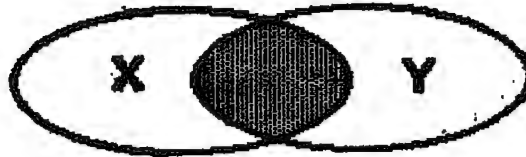


الشكل (١ - ١) مخطط فن لاتحاد الفئات

هى فئة (النساء ذوات الشعر الأسود) ، وكانت الفئة Y هى فئة (النساء ذوات العيون الخضراء) ، فان الفئة الناتجة من تقاطعهما $(X \cap Y)$ هى الفئة التى تحتوى على (النساء ذوات الشعر الأسود والعيون الخضراء) . هذا ويمكن التعبير رمزياً عن الفئة الناتجة من تقاطع فئتين كما يلى :

$$X \cap Y = \{ a / e \in X \text{ and } a \in Y \}$$

أى أنها الفئة التى تضم فقط تلك العناصر التى تتواجد فى كل من الفئتين . ويمثل الشكل (٢ - ١) مخطط فن لتقاطع الفئتين X, Y حيث يمثل الجزء المظلل الفئة $X \cap Y$ الناتجة من تقاطعهما .



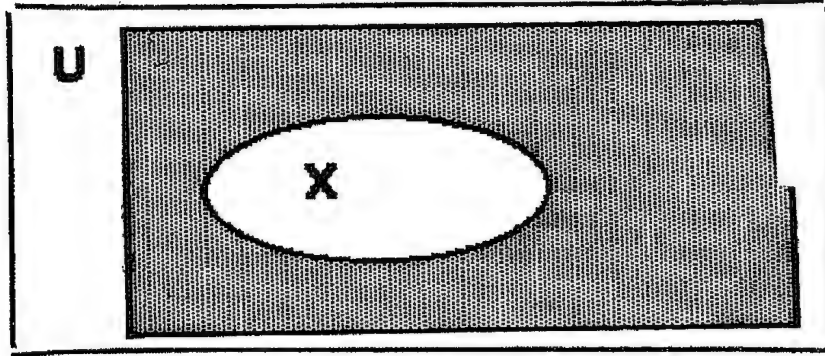
الشكل (٢ - ١) مخطط فن لتقاطع الفئات

ويتطلب التعرض لثالث تلك القواعد وهى قاعدة « نفى الفئة » التى تنشئ فئة جديدة هى « متمم الفئة » Complement ، تعريفاً لنوع خاص من الفئات هو « الفئة الكونية » Universal set أو فئة « عالم المقال » Universe of discourse التى يرمز لها عادة بالرمز U وتضم فى طياتها كافة عناصر الموضوع قيد الاهتمام سواء أكننا معنيين بجميع تلك العناصر أم ببعضها فقط فإذا افترضنا أننا معنيون بالفئة التى تقتصر عضويتها على « سكان الاسكندرية » فقط ، فى هذه الحالة تصبح فئة « عالم المقال » ، أو « الفئة الكونية » ، هى فئة كل « سكان

مصر » . وانطلاقاً من تعريفنا للفئة الكونية يمكننا تعريف « الفئة المتممة » لفئة « سكان الاسكندرية » بأنها الفئة التي تضم كل سكان مصر ، باستثناء أولئك الذين يقطنون مدينة الاسكندرية . وبشكل أكثر عمومية إذا كان لدينا أية فئة X وفئة كونية لعالم مقالها U ، فإن الفئة المتممة لها ، والتي يرمز لها بالرمز X' تعرف بواسطة الصيغة التالية :

$$X' = \{ a / a \in U \text{ and } a \notin X \}$$

حيث الرمز \notin يعنى أن a لا تنتمى الى الفئة X . ويمثل الشكل (١ - ٣) مخطط الفئة المتممة للفئة X .



الشكل (١ - ٢) مخطط فن للفئة المتممة للفئة

وكما أنشأ علماء الرياضيات « قواعد صرفية » لاشتقاق الفئات بعضها من البعض الآخر ، رأيناهم أيضاً يضعون الضوابط الصارمة لتمثيلها ولتحديد شروط الانتماء اليها . فوجدناهم يقررون أن « انتماء » شيء لفئة بعينها تعبر عن تصور ما هو أمر مرهون بتمتع هذا الشيء بسمة (أو بسمات) محددة تؤدي غيبتها (أو غيبة أى منها) الى نزع هذا الانتماء عنه في جسم صارم لا تهاون فيه . وكعادة أهل الرياضيات المولعين بالاقتصاد في الكلام وبالاسراف في استخدام الرموز ، رأيناهم يعبرون عن هذا الأمر باستخدام دالة بسيطة « ثنائية القيمة » (٢) أسموها « دالة الانتماء » Membership function واختاروا لها كعاداتهم حروف اللغة اليونانية « ميو » μ ليكون رمزاً لها . ودالة الانتماء هذه اما أن تساوى واحداً صحيحاً في حالة تمتع الشيء بالسمة المطلوبة التي تؤهله لعضوية الفئة موضع الاهتمام معبرة بقيمتها هذه عن

(٢) أى الدالة التي لها قيمتان فقط .

انتمائه للفئة ، أو أن تساوى صفرا في حالة عدم تمتعه بهذه السمة
معبرة بهذه القيمة عن نفى هذا الانتماء . ويمكن التعبير رمزيا عن دالة
انتماء الشيء a للفئة X التي توصفها السمة (أو مجموعة
السمات) P على الوجه الآتى :

إذا تمتع الشيء a بالسمة P فإن :

$$\mu_X(a) = 1$$

أى أن : $(a \in X)$

إذا لم يتمتع الشيء a بالسمة P فإن :

$$\mu_X(a) = 0$$

أى أن : $(a \notin X)$

حيث $\mu_X(a)$ هي « دالة انتماء » الشيء a الى الفئة الرموز
اليها بالرمز X . والآن اذا اعتبرنا فئة « سكان مصر » هي فئتنا الكونية
 U ، وأن فئة « قاطنى الاسكندرية » هي الفئة موضع الاهتمام X ،
لأمكننا أن نضع تعريفا أكثر عمومية لدالة الانتماء للفئات المحددة ،
بوصفها :

« الدالة التي تخصص لكل عضو من أعضاء فئة عالم المقال
(الفئة الكونية) U عددا ، اما واحد أو صفر ، يحدد انتماءه للفئة
 X من عدمه »

أى أن فئة القيم الممكنة لـ « دالة انتماء » الفئات المحددة هي الفئة
التي تضم عنصرين فقط ، $\{0, 1\}$. وكعادة أهل الرياضيات ، فهم
يمثلون دالة الانتماء هذه على الصورة الرمزية التالية :

$$\mu_X(a) : U \rightarrow \{0, 1\}$$

والآن ، يمكننا بالاستعانة بدالة الانتماء هذه استحداث طريقة
جديدة لتمثيل الفئات المشتقة الثلاث الناتجة من عمليات اتحاد الفئات
وتقاطعها ونفيها . فالفئة الناتجة من اتحاد الفئتين X و Y يمكن
تمثيلها بالجدول التالى :

الحقيقة الرمادية - ١٧

$\mu_X(a)$	$\mu_Y(a)$	$\mu_{X \cup Y}(a)$
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

أى أن انتماء العنصر a لأى من الفئتين X و Y يؤهله لعضوية الفئة $Y \cup X$. أما الفئة الناتجة من تقاطع الفئتين X و Y فيمكن تمثيلها على النحو التالى :

$\mu_X(a)$	$\mu_Y(a)$	$\mu_{X \cap Y}(a)$
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

أى أنه لكى يتمتع عنصر ما a بعضوية الفئة $X \cap Y$ ، فلا بد أن يكون منتميا لكل من الفئتين X و Y فى نفس الوقت .
وأخيرا تمثل الفئة المتممة للفئة X (أى نفيها) بالجدول التالى :

$\mu_X(a)$	$\mu_{X^c}(a)$
1	0
0	1

والحق أن هذا التمثيل الجدولى للفئات المشتقة ليس إلا أحد صور التعبير عن ما يعرف بلغة المنطق الرمزى بجدول صدق القضايا المركبة . وهى القضايا التى يمكن تكوينها من القضايا الأولية (أى

الجمال الخبرية التي يمكن الحكم بصدق أو بكذب ما تخبرنا به) باستخدام الروابط المنطقية الثلاثة : « **الوصل (و)** » Conjunction (and) و « **الفصل (أو)** » Disjunction (or) ، و « **النفي** » Negation .

والآن ، فلنحاول استخدام صيغة « **الفئة المحددة** » (3) Crisp set هذه للتعبير عن تصور ما وليكن « **الطقس الحار** » . في البداية سيتعين علينا تحديد درجات الحرارة التي نرى أنها تعبر عن احساسنا بحرارة الطقس تحديدا دقيقا ، ولتكن درجات الحرارة تلك هي التي تساوى أو تزيد عن ٢٥ م أو تساوى أو تقل عن ٣٥ م . أى أن الفئة المحددة التي تعبر عن تصور « **الطقس الحار** » يمكن تمثيلها كما يلي :

$$\{ [25 \leq d \leq 35] \} = \text{الطقس الحار}$$

وهكذا ان أعلنت هيئة الأرصاد الجوية أن متوسط درجة حرارة « **الغد** » ستكون ٣٥ م ، فإن طقس هذا الغد لن يكون ، طبقا للتعريف الذى تحدده فئة « **الطقس الحار** » السابقة ، طقسا حارا ... ! حيث ان درجة ٣٥ م لا تنتمى اليها . وهنا سيكون لزاما علينا ان ننشئ فئة جديدة لتعبر عن تصورنا لحالة الطقس الذى درجة حرارته ٣٥ م أو أكثر ولتكن مثلا فئة « **الطقس شديد الحرارة** » ونضمنها على سبيل المثال درجات الحرارة التى تساوى أو تزيد عن ٣٥ م وتقل أو تساوى ٤٥ م . وهكذا سيتعين علينا انشاء العديد من الفئات المحددة التى تعكس تصوراتنا عن أحوال الطقس المختلفة بتقلباتها ما بين البارد والحار .

وهذا السلوك الباتر لدالة انتهاء « **الفئات المحددة** » Crisp sets ليس ، فى حقيقة الأمر ، الا صورة من الصور العديدة لواحد من أهم قوانين المنطق التقليدى الذى وضع أسسه أرسطو (٣٨٤ - ٣٢٢ ق.م) منذ أكثر من ألفى سنة . انه « **قانون الثالث المرفوع** » (Law of the excluded middle tertum non datur) الذى ينص ، فى صورته اللفظية ، على « أن الحكم بصحة أمر من الأمور لا يخرج عن اثنين : فهو إما أن يكون صائبا (صادقا) ، أو أن يكون خاطئا (كاذبا) » . أى انه القانون الذى لا يسمح الا باختيار واحد من بين بديلين يستبعد كل منهما الآخر . انه قانون (إما ... أو ...) الذى لا يسمح بالبين بين فى الحكم على الأشياء . وبهذا يصبح المنطق

(٣) يطلق على الفئات ذات دالة الانتماء ثنائية القيمة اسم « **الفئات المحددة** » - لتمييزها عن « **الفئات الغائمة** » Fuzzy Sets التى ستعرض لها فى الفصل الثانى .

التقليدى منطقاً « ثنائى القيم » لا تحتوى فئة قيمه ، او احكامه على الأشياء ، الا على حكمين (أو قيمتين) فقط هما : الصديق (ص) والكاذب (ك) ، أى ان :

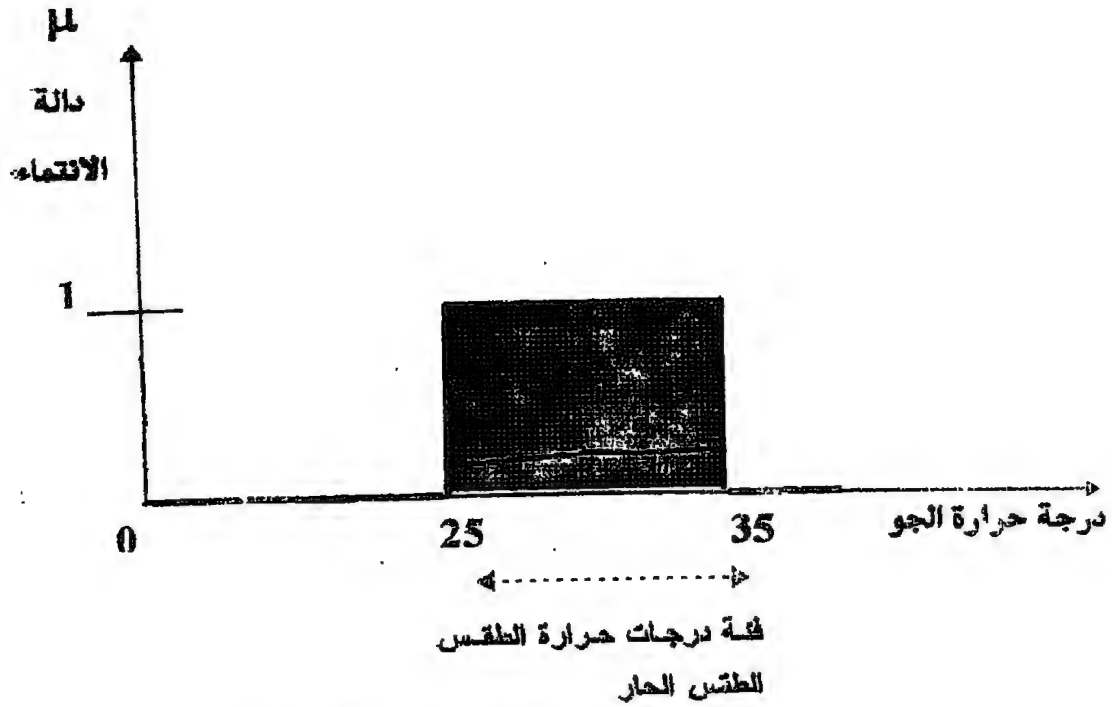
قيم الحكم على امر ما = [صادق ، كاذب]
أو بصياغة اخرى :

$$\{ 0, 1 \} = \text{قيم الصديق للمنطق الأرسطى}$$

حيث تشير القيمة (1) الى صديق (أو صواب) القضية المطروحة ، صديقاً خالصاً لا ريبة فيه ، وتشير قيمتها الأخرى (0) الى كذبها (أو خطأها) كذباً بيناً لا شك فيه . وهكذا يختزل المنطق الأرسطى ، وما انبنى عليه من نظم منطقية ، ثراء الوان الواقع المعاش والمموس الى لونين فقط هما الأبيض والأسود ، رافضاً الاعتراف حتى بوجود الرماديات . والحق ، وبالرغم من هذا الاختزال ، فلقد أحدث المنطق التقليدى ، منذ نشأته قبل ألفى عام ، ثورة حقيقية فى فكر الانسان بوصفه « آلة قانونية تعصم مراعاتها الذهن من الخطأ » . فلقد زود هذا المنطق الانسان بمجموعة متكاملة ومتسقة من المبادئ والقواعد والقوانين التى تسمح له بضبط صياغة أفكاره وباشتقاق المزيد منها ، وبآليات تكفل له عدم تضاربها أو تناقضها . وعلى مدى ألفى عام أسهمت الأجيال المتعاقبة من المناطق وعلماء الرياضيات فى تطوير هذه « الآلة الذهنية » فى صقلها ، وفى اشتقاق نظم منطقية تقوم على أسسها مثل ((حساب المجهول)) Predicate Calculus و« الجبر البولى » Boolean Algebra ، نسبة الى عالم المنطق الانجليزى جورج بول . (١٨١٥ — ١٨٦٤ م) .

وبالطبع لن يتسع المجال لذكر كافة انجازات هذا المنطق على مدى تاريخه الطويل ، لذا سنكتفى بأحدث وأهم تجلياته التقنية التى باتت تؤثر على مختلف أنشطة الانسان وهى « الحاسوب » . فمعمارة الحواسيب التى يشيع استخدامها اليوم بمكوناتها الأساسية من دوائر « ثنائية الأوضاع » (٤) ليست الا التجسيد المادى لقواعد هذا المنطق

(٤) الدوائر « ثنائية الأوضاع » هى دوائر الكترونية يمكنها فى لحظة معينة اتخاذ وضع واحد فقط من بين وضعين متاحين لها . فالمصباح الكهربائى ، على سبيل المثال ، له وضعان فقط : مضاء ومطفأ . ويتم ، بالاتفاق ، على أن يمثل أحد هذه الأوضاع العدد { 0 } بينما يمثل الوضع الثانى العدد { 1 } .



الشكل (١ - ٤) : تمثيل بياني لدالة انتماء فئة « الطقس الحار »

على وجه العموم ولـ « قانون الثالث المرفوع » على وجه التحديد - ولكن يبقى السؤال : « هل بلغت هذه « الآلة الذهنية » ، بقايرخ تطورها الطويل وبإنجازاتها غير المتكورة حد الكمال ؟ » . حقا لقد وفرت هذه الآلة الذهنية للإنسان رموزا وصيفا مكنته من التعبير عن تصورات له أحوال الواقع ولاحكامه المتعلقة بها ، ولكنها كانت صيفا « صورية » Formal بالغة التجريد فارغة من المضمون ، مثلها في ذلك مثل الاناء الفارغ الذي يمكنك ملأه بأي سائل تشاء ، أو كالعقاب الذي يستخدمه المثالون في تشكيل ما يروق لهم من مواد . ولئن مكنت هذه الصيغ الإنسان من « التعميم » الذي يساعده على توحيد أسس التعامل مع مختلف الأمور ، إلا أنها قد حرمت من ثراء « التخصيص » الذي ينظر إلى الأفكار في إطار الظروف التي أنتجتها وفي ظل السياق الذي حدثت فيه . وهكذا رأينا صيغ هذا المنطق وعباراته وهي تقف عاجزة أمام ثراء وتنوع تصورات الإنسان وأفكاره عن واقعه الملموس والمعاش . ولئن غرضنا الطرف مؤقتا عن هذا العيب الجسيم لتتساءل عن مدى نقاء مبادئ هذه الآلة الذهنية وخلو قوانينها من العيوب الخلقية (بكسر الخاء) ، لوجدنا أن الإجابة على

هذا التساؤل بـ « لا » . فلقد اكتشف متعاطو هذا المنطق منذ بداياته الأولى العديد من أوجه القصور الكامنة في صلب بنيته . ولعل « مشكلة الكريتي الكاذب » هي واحدة من أشهر وأقدم المسائل التي أبرزت بعضاً من نواحي عجزه . والحكاية هي أن الكريتي (أحد سكان جزيرة كريتي) راح يشيع مقولة عن مواطني جزيرته مؤداها أن « كل الكريتيين كاذبون » . وتوقعنا مقولته هذه ، أن التزمنا بقانون الثالث المرفوع ، في مأزق لا نحسد عليه :

- فهو ان كان (كاذباً) فان قوله هذا يكون (صادقاً) .
- أما ان كان (صادقاً) فان قوله هذا يكون (كاذباً) .

وهكذا يمتزج الـ « صدق » بالـ « الكذب » ، ويلتحم « الخطأ » بـ « الصواب » ويصبح التمييز والفصل بينهما أمراً غير ممكن . وهكذا تصبح مقولة هذا الكريتي صادقة وكاذبة ، صائبة وخاطئة في الوقت نفسه وتصبح إعادة النظر في « قانون الثالث المرفوع » أمراً واجب التنفيذ حتى لا نؤرقنا أقوال الكريتيين . ولقد دفعت هذه المشكلة وغيرها المنطقة الى البحث عن نظم منطقية أخرى تتخلص من قيد « قانون الثالث المرفوع » وما يفرضه من ثنائية صارمة على أحكام الانسان ، نظم تعبر حاجز « ثنائية قيم » الصواب فيتسع صدرها للمزيد منها . وكانت البداية في عشرينات هذا القرن عندما ابتدع عالم المنطق البولندي جان لوكاشيفيتش J. Lukasiewicz (١٨٧٨ — ١٩٥٦ م) منطقاً « ثلاثي القيم » تحتوى فئة أحكامه على ثلاث قيم ، أى أن :

$$\{ a, 0.5, 1 \} = \text{قيم الصدق للمنطق الثلاثي}$$

ولم يتوقف الأمر عند هذا الحد فلقد مضى لوكاشيفيتش قدماً ، بالتعاون مع زملائه ، ليطور منطق « ثلاثي القيم » الى منطبق عام « نوني القيم » تحتوى فئة أحكامه على n قيمة ، حيث n هذه هي عدد صحيح أكبر من أو يساوى اثنين ويشير الى رتبة النظام المنطقي . وفئة أحكام هذا المنطق نوني القيم T_n ، تأخذ الصورة العامة التالية :

$$T_n = \left\{ 0 = \frac{0}{n-1}, \frac{1}{n-1}, \frac{2}{n-1}, \dots, \frac{n-2}{n-1}, \frac{n-1}{n-1} = 1 \right\}$$

حيث تؤول هذه الفئة الى فئة احكام المنطق التقليدى « ثنائى القيم »
 فى حالة ما اذا ساوت n اثنين ، أى أن :

$$T_2 = \{ 0, 1 \}$$

وتؤول الى فئة احكام المنطق « ثلاثى القيم » فى حالة ما اذا ساوت
 n ثلاثة ، أى أن :

$$T_3 = \{ 0, 1/2, 1 \} .$$

وهكذا ، يمكن الحصول على نظم منطقية ذات رتب اعلى مثل
 المنطق « رباعى القيم » اذا ما ساوت n أربعة :

$$T_4 = \{ 0, 1/3, 2/3, 1 \}$$

أو المنطق « خماسى القيم » اذا ما ساوت n خمسة :

$$T_5 = \{ 0, 1/4, 1/2, 3/4, 1 \}$$

وهكذا بالنسبة للنظم المنطقية الاعلى رتبة .

وبالرغم من تعدد قيم صواب الاحكام التى وفرتها نظم المنطق
 « متعدد القيم » بترتيبها المختلفة ، الا أنها تتسم جميعا بالطبيعة
 « المتقطعة » لقيمتها التى تقفز بخشونة من قيمة لآخرى ، مغفلة ما بينها
 من قيم وسيطة . وهكذا تغيب عنها جميعا القدرة على تمثيل « التدرج »
 الناعم الذى يميز اسلوب التفكير الانسانى . فنحن ، بنى البشر ،
 لا نفكر فى العادة بطريقة « كمية » و « متقطعة » . فعندما يعبر شخص
 ما عن احساسه بارتفاع درجة حرارة الجو فهو يعنى بهذا مدى
 متدرجا من درجات الحرارة ، لا يمكن تحديده بدقة ومن ثم لا يمكن
 صوغه على هيئة فئة محددة الملامح ، تحتوى على عدد معلوم ومحدد
 من درجات الحرارة . وحتى هذا المدى غير المحدد بدقة يتغير بالنسبة
 للشخص الواحد من وقت لآخر ويختلف بالطبع من شخص لآخر .
 وهكذا تفقد « الفئة المحددة » مغزاها ومعناها عند مقابلتها بالواقع
 وبتصورات الانسان عنه .

واليوم ، وبعد أكثر من ألفى عام من الصقل والتطوير هل نجحت هذه « الآلة الذهنية » حقا في تحقيق هدفها المنشود وهو « عصمة الإنسان من الخطأ » ... ؟ والحق ، فإنه بقدر ما حققت هذه الآلة من نجاحات بقدر ما جلبته من محن وسببته من نزاعات ... ! ؟ .

فـ « قانون الثالث المرفوع » يجعل من ليس معنا هو بالضرورة ضدنا ... وأن من لا تتفق قناعاته مع قناعاتنا هو على خطأ مبين في أغلب الأحيان ... ! . وهكذا انتفتت مساحات التفاهم ، وتقلصت أرض الحوار ، وأصبح حتى مجرد التعايش السلمى مع الآخر في خبر كان .

الفصل الثانی

هكذا تحدث لطفی زاده

٢ - ١ - ظهور الغيوم

« يفترض المنطق التقليدي بكافة أشكاله دقة الرموز والصيغ المستخدمة . لذا فهو لا يصلح للتعامل مع هذه الحياة الأرضية . . انه فقط يتلاعب مع وجود سماوى متخيل . . انه المنطق الذى يقترب بنا ، أكثر من أى شئ آخر الى السماء » .

برتراند راسل

بهذه الكلمات يصف واحد من أهم علماء الرياضيات وفلاسفتها ، برتراند راسل (١٨٧٢ - ١٩٧٠) ، المنطق التقليدى الذى دامت سطوته على فكر الانسان ما يزيد عن الألفى عام [٣] . ويبدو أنه كان على البشرية الانتظار طويلا حتى يأتى من يهبط بهذا المنطق من عالم « اليوتوبيا » بمثالياته الى عالم الانسان بواقعه وأحواله . وقد كان هذا الشخص المنتظر هو لطفى زاده ، أستاذ الهندسة الكهربائية وعلوم الحاسب بجامعة كاليفورنيا - بركلى ، ذا الأصل الايرانى الذى استوطن الولايات المتحدة . وحتى سنة ١٩٦٥ لم تتعد اهتمامات زاده العلمية موضوعى « نظرية المنظومات العامة » General Systems Theory و«نظرية القرارات» Decisions Theory. الا أنه فى هذه السنة نشر ورقة علمية لا يتجاوز عدد صفحاتها الخمس عشرة صفحة وذات عنوان غير مألوف هو « الفئات الغائمة » Fuzzy Sets [٤] . وربما لم تحدث ورقة علمية منفردة ، باستثناء ورقة أينشتاين الشهيرة حول « نظرية النسبية الخاصة » المنشورة سنة ١٩٠٥ ، ما أحدثته ورقة زاده من تداعيات على كافة المجالات العلمية والفكرية والتقنية . فمنذ ظهورها نشرت آلاف الأوراق العلمية المعنية بجانب أو آخر من الجوانب المتعددة لهذا المفهوم الجديد ، وعقدت عشرات المؤتمرات العلمية لمناقشته ، وأنشئت الدوريات المتخصصة فى موضوعاته ، وتوالى ظهور الاستخدامات التجارية والصناعية لما ولدته هذه الورقة من مفاهيم وأفكار حتى بلغت سنة ١٩٩٤ حوالى ١٥٠٠ استخدام وتطبيق تجازى وصناعى [٥] .

ولعل نقطة انطلاق هذا العمل الفذ الذى قام به لطفى زاده كانت. هى وعيه المرفف بالفروق الجسيمة التى تباعد بين « المنطق الرمزي » بفئاته المحددة ، عن « منطق الانسان » . فالانسان ، فى اغلب تعاملاته مع احوال واقعه ، فكرا أو عملا ، لا يستخدم « لغة الكم » ، بأعدادها وبرموزها وصيغها باللغة الدقة وشديدة الوضوح ، بل يعتمد أساسا على « لغة الكيف » ، بتعبيراتها الفضفاضة وصيغها السلسلة التى كثيرا ما تفتقد الى الدقة وغالبا ما يشوبها الغموض . فهو عندما يرغب فى التعبير عن « مقادير » لا يستخدم « أعداداً » بل يستخدم « الفاظاً » من قبيل : كثير ، قليل ، بعض ، العديد ، ، وهو عندما يريد التعبير عن احتمال وقوع حدث ما لا يقول « أن احتمال وقوعه هو بنسبة كذا فى المائة » ، بل يستخدم تعبيرات من قبيل دوماً ، ربما ، قلما ، فى النادر ، وهو عندما يرغب تأكيد أمر ما أو التهوين من شأنه يستخدم الفاظا وعبارات من قبيل : جدا ، الى حد ما ، كما أن تعبيرات الانسان عما يستشعره من احوال واقعه لا تعرف تلك الانتقالات الكمية الحادة والخشنة التى تميز المنطق التقليدى ، ايا كانت رتبته ، فهى تتميز بـ « تدرج » و « نعومة » تفتقد لهما صيغ وتعبيرات هذا المنطق العتيد .

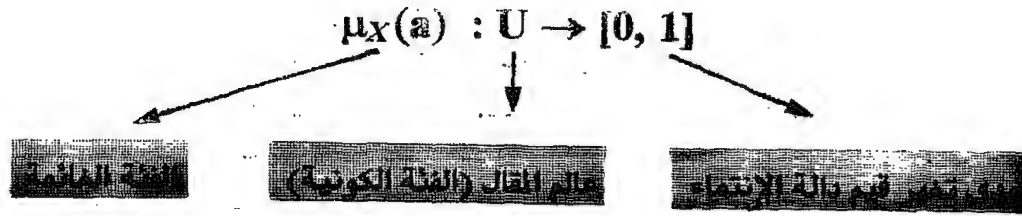
كان هذا كله فى ذهن لطفى زاده وهو يؤسس مفهومه الجديد عن « الفئات الفائقة » ، لتكون صيغة بديلة تحل محل « الفئات المحددة » فى التعبير عن منطق الانسان . وكان الحل الذى توصل اليه زاده مذهلا فى بساطته ومدهشا فى قدرته الفائقة على تمثيل العديد من خصائص منطق الانسان . فلقد اكتشف زاده العيب الخلقى (بكسر الخاء) الكامن فى تعريف الفئات المحددة ، النابع من « قانون الثالث المرفوع » والذى يتبدى فى السلوك الصارم لدوال انتمائها ثنائية القيمة . ففئة قيم تلك الدالة بالنسبة للفئات المحددة ، كما أوضحنا فى القسم السابق ، لا تحتوى الا على قيمتين فقط ، واحدة تعبر عن انتماء الشيء للفئة موضع الاهتمام انتماء لا ريب فيه (1) ، والأخرى تعبر عن عدم انتمائه اليها بشكل لا يقبل النقاش (0) . وهنا قدم لطفى زاده حله البديل . بسماحه لقيم هذه الدالة أن تأخذ بالاضافة الى الصفر والواحد الصحيح ، أية قيمة بينهما . فقيمة هذه الدالة ، طبقا للتعريف الجديد ، يمكن أن تكون 0.185 أو 0.436 أو 0.5 أو 0.7935 أو 0.962 الخ . وهكذا أنشأت دالة الانتماء المعدلة بقيمتها « المتصلة » ، و « اللانهائية » (أى التى لا يمكن حصرها) نوعا جديدا من الفئات هو « الفئات

الفئة . ولا تغرك بساطة هذا التعديل فهو يحمل لنا في طياته الشيء الكثير . وأول هذا الكثير هو قدرته على تمثيل خاصتي « التدرج » و « النوعية » اللتين تميزان تعبيرات الانسان عن احواله المتغيرة . فعلى سبيل المثال ، يستحيل علينا استخدام « **الفئات المحددة** » بدوال انتمائها ثنائية القيمة ، لتمثيل احوال شخص تقتضى منه طبيعة عمله أن يقيم « **بعض الوقت** » في مدينة الاسكندرية و « **بقية الوقت** » خارجها . فمثل هذا الشخص لا ينتمى الى فئة « **سكان الاسكندرية** » التى يقتضى الانتماء اليها الإقامة المستمرة في مدينة الاسكندرية لمدة تزيد عن السنة ، أى ١٢ شهراً متواصلة (الشكل (٢ - ١ ، ١)) . وفى الوقت نفسه لا يمكن الحاقه على فئتها المتممة ، فئة « **غير قاطنى الاسكندرية** » حيث يتطلب الانتماء اليها عدم إقامة الشخص المعنى في مدينة الاسكندرية . وهنا تقدم « **الفئات الغائمة** » ، بدوال انتمائها متدرجة القيم ، الحل المنشود . فاذا كانت فترة إقامة هذا الشخص خلال سنة ما في مدينة الاسكندرية ثلاثة شهور ونصفا ، فإن « **بعض الوقت** » هذا يمثل 0.292 من السنة بينما « **بقية الوقت** » تمثل 0.708 منها . وهكذا يمكن التعبير عن « **درجة انتمائه الجزئى** » لفئة « **المقيمين بالاسكندرية** » بدالة انتماء قيمتها 0.292 وعن « **درجة انتمائه الجزئى** » لفئة « **غير المقيمين بالاسكندرية** » بدالة انتماء قيمتها 0.708 أما ان تغيرت احوال هذا الشخص في سنة أخرى لتصبح مدة إقامته في الاسكندرية سبعة شهور فقط ، فإن قيم دالة انتمائه لكل من الفئتين ، فئة « **المقيمين بالاسكندرية** » والفئة المتممة لها « **غير المقيمين بالاسكندرية** » ، تتغير لتصبح قيمتها الأولى 0.583 وقيمتها الثانية 0.417 (الشكل (٢ - ٢ ، ب)) . وهكذا يسمح مفهوم « **الفئة الغائمة** » بانتماء الكيان الواحد لأكثر من فئة غائمة في نفس الوقت .

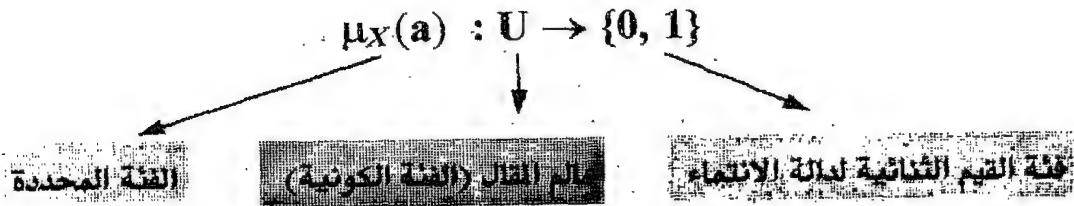
وانطلاقاً من المثال السابق يمكن وضع تعريف أكثر عمومية لدالة الانتماء للفئات الغائمة ، فهى :

« **الدالة التى تخصص لكل عضو من أعضاء فئة عالم المقال (الفئة الكونية) U عددا ما بين الصفر والواحد يحدد درجة انتمائه للفئة الغائمة X** » .

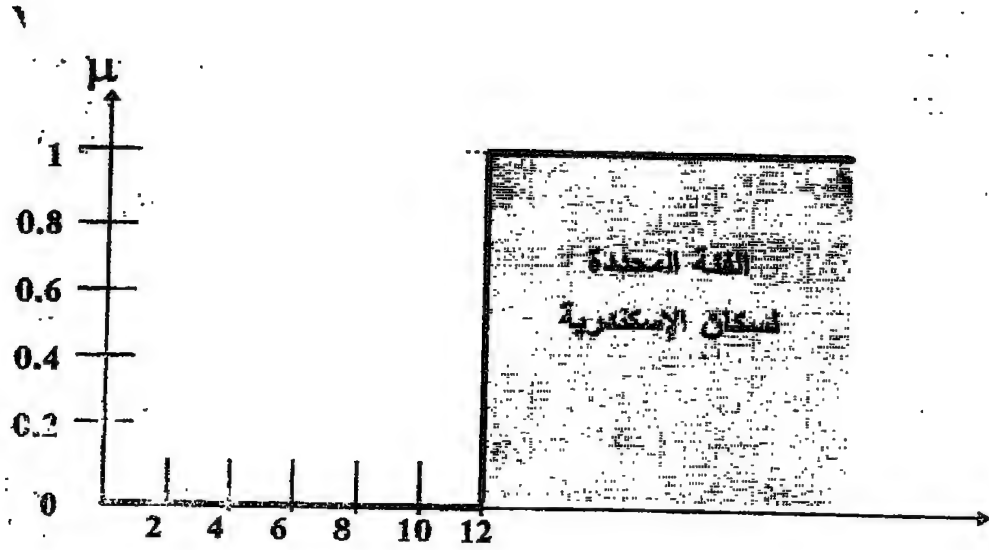
أى أن : $\mu_X(a)$ تحدد درجة انتماء العنصر a الى الفئة X .
ويأخذ هذا التعريف الصورة الرمزية التالية :



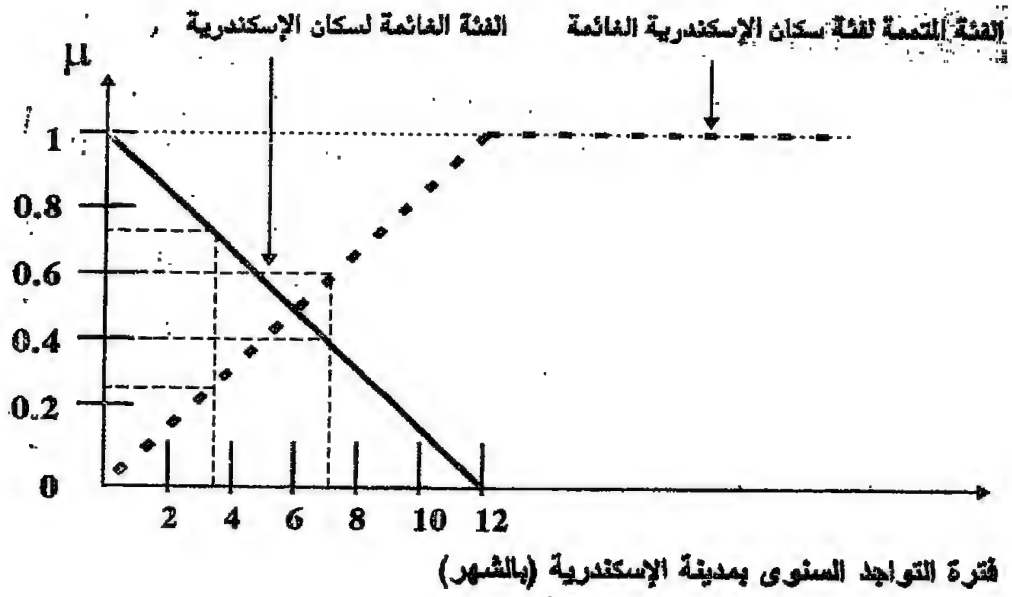
حيث تمثل $[0, 1]$ كل الأعداد التي تساوى أو تزيد عن الصفر ،
وتساوى أو تقل عن الواحد الصحيح . وهكذا تظهر صديقتنا القديمة
« **ميو** » مرة أخرى وقد ارتفع رصيد قيمها من قيمتين فقط ، هما
أعضاء الفئة $\{0, 1\}$ الى عدد لا نهائى من القيم يعبر عنه المدى
 $[0, 1]$. وقارن « **ميو الجديدة** » هذه ، دالة الانتماء للفئات الغائمة ،
بـ « **ميو القديمة** » ، أى دالة الانتماء للفئات المحددة التى تأخذ الهيئة
الرمزية التالية :



ويمنحنا مفهوم « **الفئات الغائمة** » ودوال انتمائها لا نهائية القيم
أداة لصياغة منطق التفكير البشرى . فعلى سبيل المثال يستخدم
الانسان عند سؤاله عن عمر شخص ما أوصافا من قبيل « **طفل** » ،
و « **فتى** » ، و « **بالغ** » ، و « **شباب** » ، و « **كهل** » ، و « **عجوز** » .
وبالطبع تختلف تقديرات كل منا عن حدود المرحلة العمرية لكل وصف
من هذه الأوصاف . فأغلبنا يقر بأن من يقل عمره عن ٢٠ سنة هو
شباب وفى عنفوان الشباب ، ويعتبر البعض الآخر أن من فى الأربعينات
من عمره لم يتجاوز بعد مرحلة الشباب . بل ويعتبر بعضنا أن من يقل
عمره عن ٦٠ سنة لا يزال شابا ، انطلاقا من أن الشباب هو شباب
القلب ... ! ... وتأسيسا على التقدم الملحوظ فى أساليب رعاية
الانسان لنفسه بدنيا وذهنيا . ومثل هذا التراوح فى التقديرات لا يجد



• فترة التواجد السنوي بمدينة الإسكندرية (بالشهر)



شكل (٢ - ١) : تمثيل «سكان مدينة الإسكندرية باستخدام فئة محددة (١) ،
وباستخدام فئة قائمة ومتممتها (ب) »

أفضل من « ميو » الجديدة وما تمثله من فئة غائمة للتعبير عنه .
ولتوضيح هذا الأمر ، سنفترض أن لدينا فئة كونية X محددة تضم
كافة الأعمار الممكنة ، أي أن :

$$X = \{ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 \}$$

وانطلاقاً من هذه الفئة الكونية يمكننا تكوين فئة غائمة للتعبير عن
تقديرائنا المتباينة لصفة « شاب » . ولتكوين هذه الفئة تخصص لكل
عنصر من عناصر الفئة الكونية قيمة عددية لدالة الانتماء تعكس مدى
قناعتنا بتعبير هذا العنصر عن صفة الشباب . فعلى سبيل المثال ،
لا يختلف اثنان على « شبابية » من عمره عشرين سنة ، وهو الأمر
الذي يمكن تمثيله بدالة انتماء للعنصر ٢٠ تساوى قيمتها الواحد
الصحيح . وبزيادة العمر تقل نسبة الإجماع على تمتع صاحبه
بصفة الشبابية . لذا تقل قيم دالة الانتماء لفئة « شباب » بازدياد
العمر حتى تصل الى الصفر عندما يصل العمر الى سبعين سنة .
ويوضح الجدول التالي قيم دالة الانتماء للفئات الغائمة الثلاث التي
تمثل صفات « بالغ » ، و « شاب » ، و « عجوز » والموضحة بيانياً
في الشكل (٢ - ٢) .

عناصر الفئة الكونية للعمر	قيم دالة الانتماء للفئة الغائمة بالغ	قيم دالة الانتماء للفئة الغائمة « شاب »	قيم دالة الانتماء للفئة الغائمة « عجوز »
10	0	1	0
20	0.8	1	0.1
30	1	0.8	0.2
40	1	0.5	0.4
50	1	0.2	0.6
60	1	0.1	0.8
70	1	0	1
80	1	0	1

وكما هو الحال في حالة الفئات المحددة ، يتم التعبير عن الفئات الغائمة بطريقتين : « الطريقة الصريحة » و « الطريقة الضمنية » . وقد استخدم زاده الهيئة التالية للتعبير صراحة عن الفئات الغائمة :

$$X = \mu_1/a_1 + \mu_2/a_2 + \dots + \mu_n/a_n$$

$$= \sum_{i=1}^n \mu_i/a_i$$

حيث تعنى علامة (+) في هذا السياق مفهوم واو العطف ، وترمز n الى عدد عناصر الفئة الكونية . وقد يستخدم بعض الكتاب الهيئة التالية للتعبير الصريح عن عناصر الفئة الغائمة :

$$X = (a_1, \mu_1) + (a_2, \mu_2) + \dots + (a_n, \mu_n)$$

$$= \sum_{i=1}^n (a_i, \mu_i)$$

وهكذا يمكن التعبير عن الفئة الغائمة « ثساب » اما على الهيئة :
 $1/10 + 1/20 + 0.8/30 + 0.5/40 + 0.2/50 + 0.1/60 + 0/70 + 0/80$

او على الهيئة :

« ثساب » = $(10, 1) + (20, 1) + (30, 0.8) + (40, 0.5) + (50, 0.2) + (60, 0.1) + (70, 0) + (80, 0)$

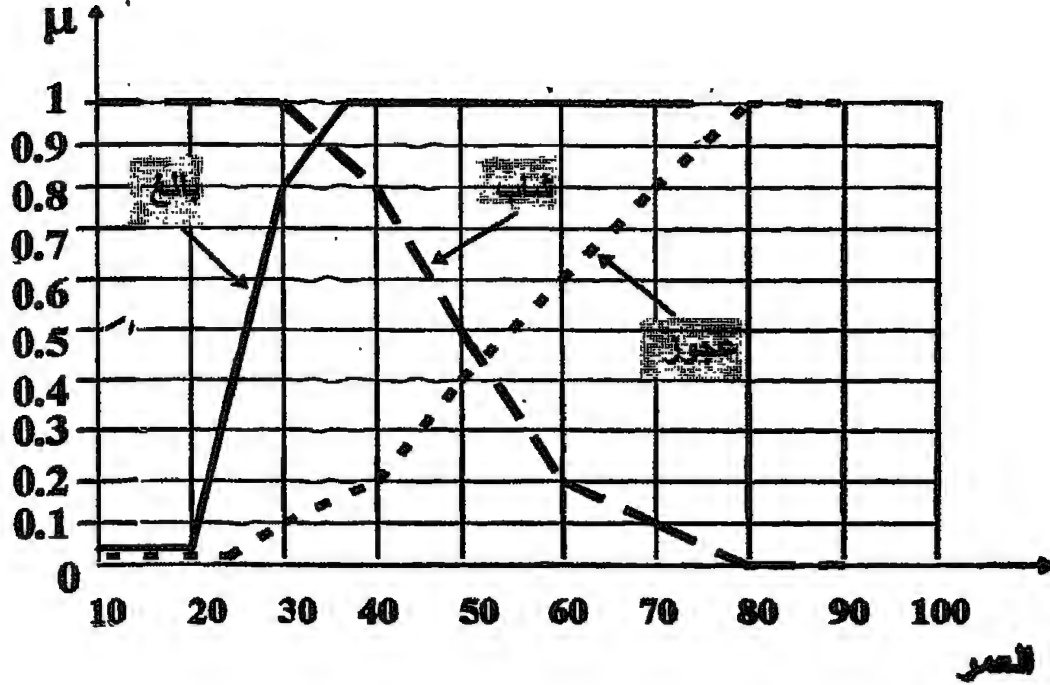
اما الطريقة الضمنية فتأخذ الهيئة التالية :

$$X = \{ (a_i, \mu_i) / a_i \in U \}$$

حيث U هي الفئة الكونية لموضوع الاهتمام (فئة عالم المقال) و X هي الفئة الغائمة المعرفة على U ، وذلك مع ذكر شكل دالة الانتماء صراحة (كما سيرد في القسم ٢ - ٤) .

هذا ويمكن ، على وجه العموم ، تمثيل الفئات الغائمة جرافيكيا (بيانيا) حيث يمثل المحور الرأسى قيم دالة الانتماء ، ويمثل المحور الأفقى عناصر فئة عالم المقال (الفئة الكونية) U موضع الاهتمام .

الحقيقة الرمادية - ٣.٣



الشكل (٢ - ٢) : التمثيل البياني للفئات القائمة « بالغ » ، و « شاب » ، و « عجوز » .

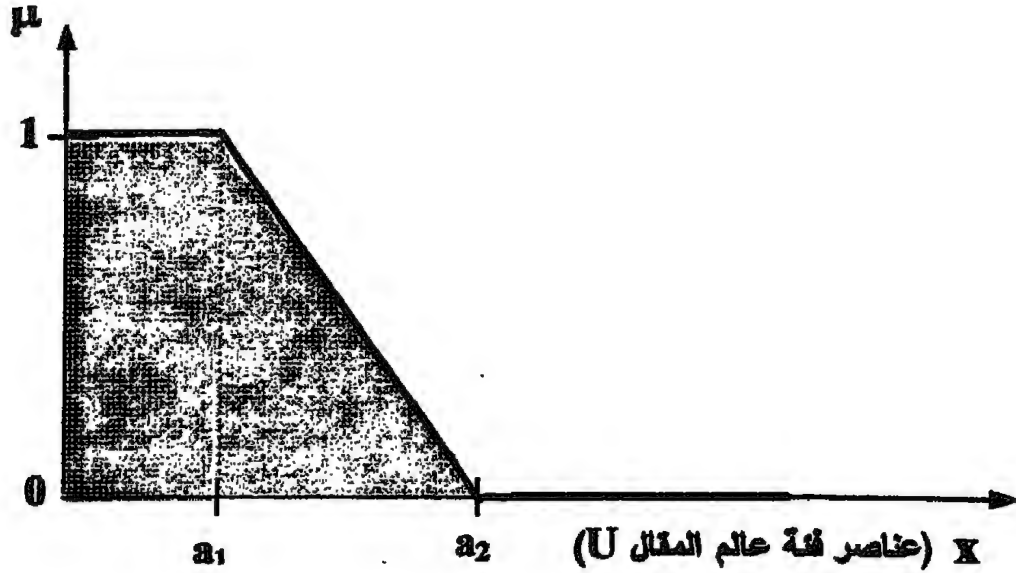
فعلی سبیل المثال یمثل الشكل (٢ - ٣) الفئة القائمة التي دالة انتمائها :

$$\begin{aligned} \mu(x) &= 1 & 0 \leq x \leq a_1 \\ \frac{a_2 - x}{a_2 - a_1} & & a_1 \leq x \leq a_2 \\ &= 0 & a_2 \leq x \end{aligned}$$

وهي الدالة التي تعبر عن اتصاف شيء ما بالصغر .

٢ - ٢ - تلبيد الغيوم

تحدثنا في الفصل الأول عن القواعد الصرفية للفئات المحددة ، أي تلك القواعد التي تمكنا من تكوين فئات جديدة من تلك المتاحة لدينا . ولقد شرحنا في هذا الفصل ثلاثة من تلك القواعد وهي : قاعدة « اتحاد الفئات » ، وقاعدة « تقاطع الفئات » ، قاعدة « نفى



الشكل (٢ - ٣) : التمثيل الجرافيكي لدالة انتماء فئة غائمة تعبر عن « الصغر » .
 الفئات « . ولهذه القواعد ما يقابلها في حالة الفئات الغائمة ، فإذا
 اعتبرنا الفئة الكونية التالية :

$$U = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$$

وعرفنا الفئتين الغائمتين X و Y عليها على الوجه التالي :

$$X = \{(a_1, 0.2), (a_2, 0.7), (a_3, 1), (a_4, 0), (a_5, 0.5)\}$$

$$Y = \{(a_1, 0.5), (a_2, 0.3), (a_3, 1), (a_4, 0.1), (a_5, 0.5)\}$$

فان الفئة الغائمة الناشئة من اتحادهما $(X \cup Y)$ تعرف على
 الوجه التالي :

$$X \cup Y = \{a / \max[\mu_X(a), \mu_Y(a)] \mid a \in U\}$$

أي أن الفئة الغائمة الناتجة من اتحاد فئتين غائمتين هي فئة غائمة
 دالة انتماء أي عنصر من عناصرها تأخذ أكبر قيمة لدالة انتماء هذا
 العنصر في أي من الفئتين X أو Y فعلى سبيل المثال ، إذا اعتبرنا
 العنصر a_1 لوجدنا أن قيمة دالة انتمائه للفئة الغائمة X هي 0.2 ،
 بينما هي بالنسبة للفئة الغائمة Y تساوي 0.5 ومن ثم تصبح قيمة
 دالة انتمائه لفئة الاتحاد الغائمة مساوية للقيمة الأعلى ، أي 0.5
 وهو الأمر الذي يعبر عنه بواسطة التعبير :

$$\max [\mu_x(a), \mu_y(a)]$$

حيث يعنى الرمز (max) (١) كلمة « أكبر ».

وبالمثل ، يمكن تعريف الفئة الغائمة الناشئة من تقاطع فئتين غائمتين $(X \cap Y)$ على الوجه التالى :

$$X \cap Y = \{ a / \min [\mu_x(a), \mu_y(a)] \mid a \in \Omega \}$$

أى أنها الفئة الغائمة التى قيم دالة انتماء عناصرها هى أصغر قيم هذه الدالة لكل عنصر . فإذا أخذنا على سبيل المثال العنصر a_4 نجد أن قيمة دالة انتمائها للفئة الغائمة X هى 0.1 ، بينما هى بالنسبة للفئة الغائمة Y تساوى 0 ، ومن ثم تصبح قيمة دالة انتمائه لفئة التقاطع الغائمة مساوية للقيمة الأدنى ، أى الصفر . وهو الأمر الذى يعبر عنه بواسطة التعبير :

$$\min [\mu_x(a), \mu_y(a)]$$

حيث يعنى الرمز (min) (٢) كلمة « أصغر » . هذا ويوجز الجدول التالى قيم دالة الانتماء لعناصر كل من الفئتين الغائمتين X و Y ولعناصر كل من الفئتين الناشئتين عن اتحادهما $(X \cup Y)$ وعن تقاطعهما $(X \cap Y)$.

U	$\mu_x(a)$	$\mu_y(a)$	$X \cup Y$	$X \cap Y$
a_1	0.2	0.5	0.5	0.2
a_2	0.7	0.3	0.7	0.3
a_3	1	1	1	1
a_4	0	0.1	0.1	0
a_5	0.5	0.5	0.5	0

- (١) اختصار لكلمة « الأكبر » أو « الأعلى » maximum الانجليزية .
 (٢) اختصار لكلمة « الأصغر » أو « الأدنى » minimum الانجليزية .

ولتوضيح القاعدة الثالثة من قواعد صرف الفئات الغائمة ، قاعدة « النقي » أو « الالتزام » ، والتي استخدمناها سابقا عند الحديث عن قاطنى مدينة الاسكندرية وغير القاطنين بها ، سنفترض أن فئتنا الكونية هى الفئة المحددة التالية :

$$V = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6\}$$

وأن لدينا الفئة الغائمة X المعرفة عليها :

$$X = \{(a_1, 0.13), (a_2, 0.61), (a_3, 0), (a_4, 0), (a_5, 1), (a_6, 0.03)\}$$

فإن « نقي الفئة X » أو الفئة « المتممة » لها (X') تعرف كما يلى :

$$X' = \{a/[1 - \mu_X(a)] \mid a \in V\}$$

أى أن الفئة المتممة للفئة الغائمة X هى الفئة التى قيم دالة انتماء عناصرها تحسب من المعادلة :

$$\text{قيمة دالة انتماء عنصر ما للفئة الغائمة المتممة } X' =$$

$$1 - \text{قيمة دالة انتماء نفس العنصر للفئة الغائمة } X , \text{ أو } \mu_{X'}(a) = 1 - \mu_X(a)$$

حيث $\mu_{X'}$ هى قيمة دالة انتماء العنصر a للفئة الغائمة المتممة X' و $\mu_X(a)$ هى قيمة دالة انتماء نفس العنصر للفئة الغائمة X . فعلى سبيل المثال ، قيمة دالة انتماء العنصر a_2 للفئة الغائمة X تساوى 0.61 ومن ثم تصبح قيمة دالة انتمائها للفئة المتممة X' مساوية لـ 0.39 (= 1-0.61) هذا ويلخص الجدول التالى قيم دالة الانتماء لكل من الفئة الغائمة X ومتممتها .

V	$\mu_X(a)$	$\mu_{X'}(a) = 1 - \mu_X(a)$
a_1	0.13	0.87
a_2	0.61	0.39
a_3	0*	1
a_4	0	1
a_5	1	0
a_6	0.03	0.97

٢ - ٣ - مستودعات المعرفة القائمة

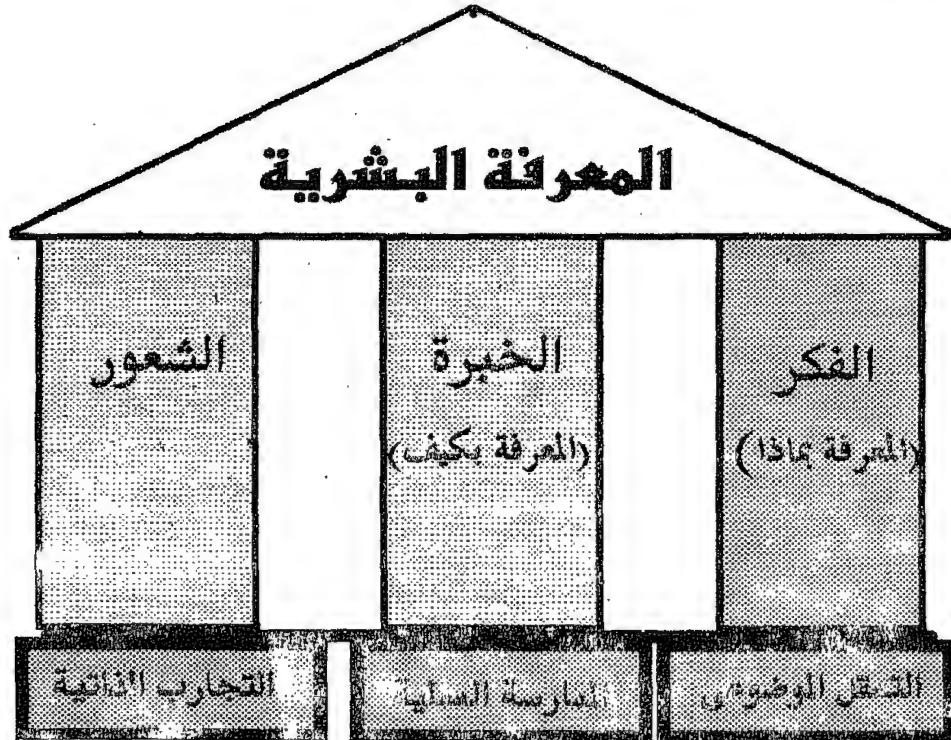
يقول أهل المنطق من الفلاسفة عن المعرفة أنها ثمرة التقاء ذات مدركة (بكسر الراء) بموضوع مدرك (بفتح الراء) . وهم بتعريفهم هذا يكونون قد لمسوا جوهر اختلاف مفهوم « المعرفة » Knowledge عن كل من مفهومي « البيانات » Data و « المعلومات » Information اللذين نلتقى بهما دوما أثناء مطالعتنا لأدبيات الحاسوب . غالبيات ليست الا تلك « العلامات » التي نستخدمها في التعبير عن خصائص وصفات ما تقابله في الواقع من كيانات وما نعائنه من أحداث وسواء أكانت تلك العلامات أبجدية لغة أم أرقاما أم أشكالا أم رموزا . فالحروف والكلمات أمام خانة الاسم وخانة الجنسية في جواز سفر ما والأرقام المكتوبة أمام خانة السن والصورة الملصقة ، تمثل في مجموعها البيانات التي تصف حامل هذا الجواز . وهى البيانات التي تمكن ادارة الهجرة والجوازات في بلد ما من استخلاص المعلومات المتعلقة بعدد القادمين اليها خلال فترة زمنية معينة ، ومن معرفة متوسط أعمارهم ونسبة كل جنسية من جنسياتهم . أى أن المعلومات ليست الا بيانات تمت معالجتها بطريقة أو أخرى لتأخذ شكلا جديدا يفيد متلقيها في أداء عمل ما أو في اتخاذ قرار . هذا ويعتبر كل ما يسقط من حسابان مفهومي « البيانات » و « المعلومات » سمة أصيلة من سمات « المعرفة » البشرية . فرأى الانسان وتفسيره ورؤيته لما يدور حوله من أمور والسياق الذي تحدث فيه ، تعتبر من العناصر الاصلية التي تشكل المعرفة . ويمكن تعريف المعرفة البشرية كما يلي :

«المعرفة هي مجمل رؤى الانسان للواقع كما تتمثل في المجموع المرتب والتكامل للمكونات الثلاثة التالية :
« الاستنتاجات العقلية » الناتجة من العقل والتجريب ، أو « المعرفة بماذا » Knowing that ;

« الخبرات المكتسبة » الناشئة من الممارسة العملية ، أو « المعرفة بكيف » Knowing how ؛
« الأحكام الشخصية » النابعة من التجارب الذاتية .

وهو المجموع الذي يمكن تسجيله واختزانه وتقديمه للآخرين عبر وسائط الاتصال المختلفة ، مثل اللغة الطبيعية ، والصور ، والرموز ، وذلك طبقا لقواعد منطقية أو جمالية محددة سلفا » .

والمكون الأول من مكونات المعرفة البشرية هو « المعرفة بماذا » ،
وهى المعرفة التى تتألف من مجموع الحقائق المستقرة التى يتوصل إليها
العقل البشرى باستخدام المناهج العلمية ، ويمكن التحقق من صحتها
من خلال الاختبارات العملية أو المسوح الميدانية . ويعرف هذا النوع
من المعرفة بـ « المعرفة التقريرية » Declarative Knowledge
وهى معرفة يسهل التعبير عنها باللغة الطبيعية للإنسان أو بأحدى
اللغات الرمزية المصطنعة كالرياضيات ، كما يسهل تنظيمها فى بنى
توضح العلاقات التى تربط بين الحقائق المكونة لها سواء اتخذت هذه
البنى هيئة نظريات أم قوانين ، أو اتخذت هيئات أخرى . أما « المعرفة
بكيف » فهى المعرفة التى يكتسبها الإنسان نتيجة لممارسته عملاً ما
وتتبدى فى المهارات الحرفية والمهنية . وهذه هى « المعرفة الإجرائية »
التي يصعب تنظيمها والتعبير عنها بطريقة Procedural Knowledge
صريحة Explicit ونقلها للآخرين على عكس المعرفة التقريرية .
أما النوع الثالث من أنواع المعرفة البشرية فهو « المعرفة الشعورية » ،
أو ان شئت « الحكمة » التى تضم فى طياتها كافة معتقدات الإنسان
ومشاعره وأحاسيسه التى تتخلق بداخله ، نتيجة لما يكون قد مر به
من مواقف نفسية وحالات شعورية ومعاناة ذاتية .



فن صياغة المعارف

فن الصياغة هو فن تشكيل المعادن والأحجار الثمينة في قوالب ليتحلى بها بنو البشر وتسرع الناظرين . وهكذا أيضا فن صياغة معارف الإنسان ، أثمن ممتلكاته ، فهو الفن الذى يسعى الى استخلاص المعارف والى صياغتها على هيئة صيغ وبنى يمكن تخزينها في ذاكرة الحواسيب ، ويمكن للإنسان معالجتها وتعظيم استفادته منها ، عبر استغلاله للقدرات الفائقة للحواسيب . ويعرف هذا الفن فى أوساط المتخصصين بـ « هندسة المعرفة » Knowledge Engineering .

وترتبط البنى والقوالب المستخدمة فى تمثيل المعرفة ارتباطا وثيقا بطبيعة تلك المعرفة ، فنجد تلك المستخدمة فى تمثيل « المعرفة بماذا » تختلف عن تلك المستخدمة فى تمثيل « المعرفة بكيف » . وانطلاقا من هذا الارتباط تنقسم طرق تمثيل المعرفة الى فئتين رئيسيتين : « الطرق المتعمقة » المستخدمة فى تمثيل « المعرفة التقريرية » وذلك بتركيزها على الحقائق المستقرة المتعلقة بالجوانب المختلفة لموضوع بعينه وعلى العلاقات بين تلك الجوانب ، و « الطرق السطحية » المستخدمة فى تمثيل « المعرفة الإجرائية » .

ويشكل تمثيل « الخبرة البشرية » [« المعرفة الإجرائية » أو « المعرفة بكيف »] مشكلة عويصة لصائفى المعرفة (أو مهندسها) ، فهى معرفة لا تؤصلها نظرية ولا يضم عناصرها قانون . هذا بالإضافة الى صعوبة التعبير عنها لفظيا ، والطبيعة المتغيرة والمستمرة فى حقائقها ، وعدم وضوح العلاقات التى تربط بين الجوانب المختلفة لموضوعها . انها فى حقيقة أمرها مجموعة من « الاقتراحات » بين عناصر أو وقائع موضوع ما تدعمها وتعززها المشاهدة والممارسة والتطبيق . لهذا كله ، تستخدم فى تمثيلها « الطرق السطحية » التى تكفى بتسجيل اقتران الظواهر المتعلقة بأمر من أمور الواقع . ويعتبر أسلوب « قواعد الانتاج » Production Rules (أو « الأسلوب الشرطى ») من أكثر أساليب هذه الفئة استخداما . وتأخذ « قاعدة الانتاج » الهيئة العامة التالية :

IF (antecedent) THEN (consequent)

إذا كان (مقدم) إذن (لازم)

ويوضح الشكل (٢ - ٥) واحدة من قواعد انتاج مستخدمة فى تمثيل « الخبرة » أو الـ « معرفة بكيف » فى مجال تشخيص الأمراض .

إذا

كانت القناة الهضمية هي المدخل المرجح للميكروب

إذن

(احتمال أن يكون الميكروب المسبب للعدوى هو الباكترويد *Bactroide* وذلك بدرجة تيقن ٨٠٪).

الشكل (٢ - ٥) : مثال لـ « قاعدة انتاج » تمثل عنصراً من عناصر الخبرة في تشخيص الأمراض .

أى أن قاعدة الانتاج هذه « تقرر » بين « المدخل » المرجح للميكروب وبين « نوعه » وذلك انطلاقاً من الخبرة الطبية السابقة . ويمكن التعبير عن هذا الأمر باستخدام لغة الفئات حيث يمكن القول بأن قاعدة الانتاج هذه تنتقى عنصراً من عناصر الفئة المحددة التى تضم كافة المداخل المحتملة للميكروب ، و « تقرره » بعنصر من عناصر فئة أخرى تضم أنواع كافة الميكروبات المعروفة . وبعبارة أخرى ، تنشئ قاعدة الانتاج هذه علاقة ما بين عناصر كل من الفئتين . وهى العلاقة التى يمكن التعبير عنها على الصورة التالية :

(القناة الهضمية ، الباكترويد)

وهو ما يعرف بـ « الزوج المرتب » Ordered pair المكون من عنصرين ، الأول من الفئة الأولى ، فئة المداخل المحتملة ، والثانى من عناصر الفئة الثانية ، فئة أنواع الميكروبات .

فعلى سبيل المثال لو أخذنا فى الاعتبار الفئتين المحددتين التاليتين :
فئة الروايات (N) = [افراح القبة ، الزينى بركات ، الحرافيش ، دعاء الكروان ، السكرية] ،

وفئة المؤلفين (A) = [طه حسين ، يحيى حقي ، جمال الغيطانى ، نجيب محفوظ] ،

لأمكننا أن نشكل منهما العشرين زوجاً مرتباً التالية :

(افراح القبة ، طه حسين)	(الزينى بركات طه حسين)	(الحرافيش طه حسين)	(دعاء الكروان ، طه حسين)	(السكرية طه حسين)
(افراح القبة ، يحيى حقى)	(الزينى بركات يحيى حقى)	(الحرافيش يحيى حقى)	(دعاء الكروان ، يحيى حقى)	(السكرية ، يحيى حقى)
(افراح القبة ، جمال الغيطانى)	(الزينى بركات جمال الغيطانى)	(الحرافيش جمال الغيطانى)	(دعاء الكروان ، جمال الغيطانى)	(السكرية ، جمال الغيطانى)
(افراح القبة ، نجيب محفوظ)	(الزينى بركات نجيب محفوظ)	(الحرافيش نجيب محفوظ)	(دعاء الكروان ، نجيب محفوظ)	(السكرية ، نجيب محفوظ)

وتشكل هذه الأزواج المرتبة فئة جديدة تعرف بـ « حاصل الضرب الكارتيزى » لفئتين محددين ، ويرمز لها بالرمز $N \times A$. وهى الفئة التى يمكن التعبير عنها رمزيا على الهيئة التالية :

$$N \times A = (n1, a1), (n1, a2), \dots, (n2, a1), \dots, (n5, a4) \{$$

حيث يمثل الرمز n أحد عناصر فئة « الروايات » ، ويمثل الرمز a أحد عناصر فئة « المؤلفين » .

الا أننا اذا قررنا انشاء علاقة « من تأليف (R) بين عناصر فئة « الروايات » وعناصر فئة « المؤلفين » لوجدنا أن عدد الأزواج المرتبة التى تحقق هذه العلاقة هو فقط خمسة أزواج مرتبة (الأزواج المرتبة المظلة) . أى أن علاقة « من تأليف » هى « فئة جزئية » Subset من فئة حاصل الضرب الكارتيزى للفئتين المحدتين ، تحتوى فقط على الأزواج المرتبة التى تحقق العلاقة موضوع الاهتمام . ويمكن تمثيل العلاقة بين الفئات المحددة باستخدام دالة انتماء ثنائية القيمة (أى « ميو » القديمة المستخدمة فى التعبير عن الفئات المحددة والتى التقينا بها فى الفصل الأول) . وهكذا يمكن تمثيل علاقة « من تأليف » على هيئة الجدول التالى الذى يعرض قيم دالة انتماء أى زوج مرتب من أزواج حاصل الضرب الكارتيزى للفئتين N و A للعلاقة « من تأليف » R أى $\mu R. (n,a)$.

أقراح القبة	الزيني بركات	الحرافيش	دعاء الكروان	السكرية	
0	0	0	1	0	طه حسين
0	0	0	0	0	يحيى حقي
0	1	0	0	0	جمال الفيطاني
1	0	1	0	1	نجيب محفوظ

وبالطبع ، يمكننا باستخدام « ميو » ثنائية القيمة تمثيل علاقة
« من تأليف » أصدق تمثيل ، إذ لا يختلف اثنان ، على سبيل المثال ،
أن :

السكرية [من تأليف] نجيب محفوظ ،

أي أن الزوج المرتب (السكرية ، نجيب محفوظ) تنتمي للعلاقة
« من تأليف » ومن ثم لا بد وأن تساوى دالة انتمائها الواحد الصحيح .
كما لا يختلف اثنان على خطأ :

الحرافيش [من تأليف] جمال الفيطاني ،

أي أن الزوج المرتب (الحرافيش ، جمال الفيطاني) لا تنتمي
للعلاقة « من تأليف » ومن ثم لا بد وأن تساوى دالة انتمائها صفراً .

إلا أن الأمور لا تمضي دوماً بمثل هذه الدرجة من التيقن ، ففي
أغلب الأحيان يشوب نظرتنا لما يحدث في الواقع وللاقتراانات بين وقائعه
قدر كبير من اللاتيقن . وتعتبر مسألة « تشخيص الأمراض انطلاقاً من
أعراضها » واحدة من المسائل الشائعة التي يتعامل فيها الإنسان مع
قدر لا يستهان به من اللاتيقن والغموض . فمرض الواحد أعراض
عديدة تختلف من مريض لآخر وتتوقف على مرحلة تطور المرض . هذا
بالإضافة إلى أن العرض الواحد قد يكون علامة على عدة أمراض .
فإذا افترضنا أن لدينا فئة محددة D تضم مرضين ، أي أن :

$$D = \{ d_1, d_2 \}$$

وان الفئة المحددة S هي الفئة التي تضم امراض هذه الأمراض ،

اي أن :

$$S = \{ S_1, S_2, S_3 \}$$

فان انشاء علاقة محددة تربط بين عناصرهما لن يتمتع بدرجة التيقن الصارم ، المتمثلة في استخدام « ميو ثنائية القيم » ، التي تمتعت بها علاقة « من تأليف » التي تعرضنا لها سابقا . ولتوضيح هذا الأمر سنفترض أن الخبرة الطبية المتعلقة بهذه الأمراض والأعراض المصاحبة لها يمكن تلخيصها في العبارات التالية :

[١] (من النادر) ظهور العرض S_1 عند المصابين بالمرض d_1 .

[٢] (في العادة) يظهر العرض S_1 عند المصابين بالمرض d_2 .

[٣] يظهر العرض S_2 (دوما) عند المصابين بالمرض d_1 .

[٤] لا يظهر العرض S_2 (مطلقا) عند المصابين بالمرض d_2 .

[٥] (من النادر) ظهور العرض S_2 على المصابين بالمرض d_1 .

[٦] (في الغالب) يظهر العرض S_2 عند المصابين بالمرض d_2 .

وأول ما نلاحظه على تلك العبارات أن كلا منها يعبر عن خبرتنا الطبية المتعلقة باقتران عرض ما بأحد الأمراض ، أي أن كلا منها يقابل أحد الأزواج المرتبة لحاصل الضرب الكارتيزي $S \times D$ للفئتين S و D الذي يمثل علاقة « يدل على » ، G ، (أي العرض كذا « يدل على » المرض كذا) بين هاتين الفئتين ، $(s_1, d_1), (s_1, d_2), (s_2, d_1), (s_2, d_2), (s_3, d_1), (s_3, d_2)$ حيث تقابل العبارة الاولى الزوج المرتب (s_1, d_1) ، والثانية الزوج المرتب (s_2, d_1) ، والثالثة الزوج المرتب (s_2, d_2) ، والرابعة الزوج المرتب (s_3, d_2) ، والخامسة الزوج المرتب (s_3, d_1) ، والسادسة الزوج المرتب (s_3, d_2) . أما ثانياً هذه الملاحظات فهو احتواؤها على تعبيرات تدل على عدم التأكد القاطع من صحة العبارة من قبيل : « من النادر » ، و « في العادة » ،

و « دوما » ، و « في الغالب » . وهذا يعنى بالضرورة عدم ملائمة « ميو ثنائية القيم » ، الصفر والواحد ، للتعبير عن مدى انتماء تلك العبارات ، أو ما يقابلها من أزواج مرتبة ، الى علاقة « يدل على » التى تربط بين عناصر فئتي « الأعراض » S و « الأمراض » D ، حيث انها اما تؤكد هذه العلاقة تأكيداً قاطعاً أو تنفيها نفياً لا رجعة فيه . وهو الأمر الذى لا يمكننا من تمثيل الخبرة الطبية التى تتضمنها العبارات السابقة والتى لا تتميز اى منها بصفة القطع سلباً كان أم ايجاباً . لذا ، كان ضروريا الاستعانة بـ « ميو الجديدة » التى استخدمناها سابقا فى تمثيل الفئات الغائمة بقيمها التى تتدرج من الصفر الى الواحد بيسر ونعمومة . فعلى سبيل المثال ، تعبير « من النادر » الموجود فى الجملة الاولى يعنى أن « ظهور العرض » S_1 عند المصابين بالمرض هو أمر مستبعد وان كانت هناك فرصة بالغة الضآلة لحدوثه . أى أن انتماء الزوج المرتب الممثل لهذه العبارة ، (s_1, d_1) ، للعلاقة « يدل على » لا يساوى صفراً بل يساوى عدداً بالغ الصفر . وهو الأمر الذى يمكن تمثيله بتخصيص قيمة عددية صغيرة لدالة انتماء هذا الزوج للعلاقة G ، أى أن :

$$\mu G(s_1, d_1) = 0.06$$

أما بالنسبة للعبارة الثالثة التى تتميز بوجود تعبير « دوما » الدال على صحة العبارة بشكل مؤكد ، فيمكن تخصيص الواحد الصحيح لدالة انتمائها للعلاقة G ، أى أن :

$$\mu G(s_2, d_1) = 1$$

وهكذا يمكننا تخصيص قيمة عددية لدالة انتماء العبارات الست السابقة للعلاقة G ، التى تمثل الخبرة الطبية فى تشخيص الأمراض ، بحيث تعكس هذه القيمة مدى تيقننا من صحة كل منها . ويمكن تمثيل العلاقة « يدل على » على هيئة المصفوفة التالية :

		d1	d2
	s ₁	0.06	0.75
G =	s ₂	1	0
	s ₃	0.25	0.56

هذا ، وتعتبر العلاقة الغائبة G بمثابة مستودع للخبرة الطبية المتمثلة في العبارات الست السابقة ، فالمصفوفة السابقة ليست الا تمثيلا مكثفا لقواعد الانتاج الست التالية :

- إذا (ظهر العرض S_1) إذن (يحتمل المرض d_1 بدرجة تيقن 0.06) .
- إذا (ظهر العرض S_1) إذن (يحتمل المرض d_2 بدرجة تيقن 0.75) .
- إذا (ظهر العرض S_2) إذن (يحتمل المرض d_2 بدرجة تيقن 1) .
- إذا (ظهر العرض S_2) إذن (يحتمل المرض d_2 بدرجة تيقن 0) .
- إذا (ظهر العرض S_3) إذن (يحتمل المرض d_1 بدرجة تيقن 0.25) .
- إذا (ظهر العرض S_3) إذن (يحتمل المرض d_2 بدرجة تيقن 0.56) .

٢ - ٤ - أصل وفصل « ميو »

ظلت « نظرية الاحتمالات » Probability Theory هي أداة الانسان الذهنية الوحيدة المعنية بالتعامل مع « اللاتيقن » المصاحب لاحداث الواقع وكياناته ، بشتى صوره التي سنعرض لها في الفصل الرابع . وقد تعاملت هذه النظرية مع شتى صور اللاتيقن بوصفها تجليات لـ « عشوائية » Randomness ظواهر الواقع وأحداثه التي لا تتوفر لدى الانسان نظرية عنها تفسرها وتمكنه من التنبؤ بسلوكها . ودام احتكار « نظرية الاحتمالات » لمسألة « اللاتيقن » حتى ظهرت الى الوجود « ميو الجديدة » بقيمها اللانهائية بداية من الصفر وانتهاء بالواحد الصحيح . . ؟! . وكانت « ميو » هذه هي دالة الانتماء التي تصف الفئات الغائبة . وراينا أداة ذهنية جديدة تتأسس للتعامل مع « اللاتيقن » باستخدام اللغة الجديدة ، لغة « نظرية الفئات الغائبة » ، ولتلقى الأضواء على الجوانب الخفية لـ « اللاتيقن » انطلاقا من مفهوم « الغيمية » Fuzziness ، أى صعوبة وضع حدود فاصلة وقاطعة بين ما نشاهده في الواقع من ظواهر وكيانات ، وما نضيفه عليها من صفات . واشتركت الأدوات الذهنيان ، « نظرية العشوائية » و « نظرية الغيمية » ، في تعبيرهما عن لا تيقن الواقع بواسطة أعداد تتراوح قيمتهما ما بين الصفر والواحد الصحيح (أى [0, 1]) . الا أنهما بعد ذلك افترقا كل لحال سبيله . فحدوث أمر ونقيضه في

نفس الوقت هو أمر مستحيل من منظور « العشوائية » (*) ونظريتها « نظرية الاحتمالات » ، ولكنه أمر مقبول من منظور « الفهمية » ، بل هو نقطة البداية لنظريتها « نظرية الفئات القائمة » .

ولما كان اختلاف الرأي لا يفسد للود قضية فإن « الفهمية » قد تركت لـ « العشوائية » أمر تحديد وقياس امكانية وقوع حدث ما من عدمه ، لتختص هي بوصفه حال وقوعه . أى أنها احتفظت لنفسها بحق الاجابة على أسئلة من قبيل :

- ما هى درجة ونوع اللاتيقن المصاحب للحدث (أو للكيان) ؟
- الى أى حد يمكننا تمييزه عن غيره من الأحداث (أو الكيانات) الأخرى الموجودة ؟

فعلى سبيل المثال تعبر الجملة الخبرية « يحتمل سقوط أمطار غزيرة صباح الغد بنسبة ٣٠٪ » من احتمال وقوع حدث غائم .. ؟! أى أنها تنطوى على وصف لـ « لاتيقن مركب » تتعامل مع كونه الأول ، أى احتمال وقوعه ، « نظرية الاحتمالات » وذلك بتحديد نسبة وقوعه بـ « ٣٠٪ » وتتعامل مع كونه الثانى ، أى صفته حال وقوعه ، « نظرية الفئات القائمة » وذلك باستخدامها « غزير » كوصف غائم له .

ولم تكن « ميو الجديدة » ، أى دالة الانتماء للفئات القائمة ، مجرد حيلة رياضية ابتدعها لطفى زاده للتغلب على نواقص المنطق التقليدى بشتى صوره ، ولكنها كانت تعبيراً بليفاً عن « الإدراك (الحسى) الذاتى » Subjective perception للانسان ، ونموذجاً بالغ الجودة للطريقة التى يدرك بها « أصناف » categories الموجودات . فلقد بينت تجارب علم النفس أن هناك تمايزاً بين العناصر النقية (المركزية) المنتمية لصنف من الأصناف والعناصر الأقل نقاء (الهامشية) . فمللون الأحمر ، على سبيل المثال ، درجات عديدة تتدرج من الأحمر بالغ النقاء (اللون الأحمر المركزى) الى تلك الألوان التى يدخل الأحمر فى تكوينها بدرجة أو أخرى (الألوان الحمراء الهامشية) . وقد بينت هذه التجارب أن زمن الرد على سؤال من قبيل : « ما هو لون هذا الشيء ؟ » يقل كثيراً كلما ازداد نقاء لونه . وما ينطبق على اللون ينطبق على أية صفة من الصفات المستخدمة فى تصنيف الأشياء وتمييزها بعضها عن البعض .

(*) هذا نتيجة طبيعية لقانون الثالث المرفوع .

أى أن مسألة تحديد انتماء شيء ما لصنف يعينه ليست مسألة « نعم » أو « لا » ، بل هى مسألة درجة وتدرج .

ويبقى سؤال أخير عن كيفية تعيين دالة الانتماء المتعلقة بموضوع ما . وهنا تتعدد الطرق والأساليب التى من أبرزها طريقة « التمثيل » (ضرب الأمثلة) Exemplification التى اقترحها لطفى زاده . وتقوم هذه الطريقة على عرض الشيء المراد انشاء فئة غائمة للتعبير عن إحدى صفاته على مجموعة من الأشخاص ، وسؤالهم عن تقديرهم لهذه الصفة . وانطلاقاً من تقديراتهم التى تأخذ شكل تعبيرات لغوية يمكن تحديد قيم دالة انتماء الفئة الغائمة التى تعبر عن الصفة موضوع الاهتمام وذلك بتحديد قيمة عددية لكل من تلك التعبيرات اللغوية . فعلى سبيل المثال اذا رغبتنا فى تحديد دالة الانتماء لفئة غائمة لصفة « الطول » ، يتم عرض شيء ذى ارتفاع معين ويطرح على بعض الأشخاص السؤال التالى : « هل يعتبر ارتفاع هذا الشيء فى نظرك طويلاً ؟ » . والأجابة المتوقعة فى هذه الحالة تأخذ التعبيرات اللغوية التالية :

« بالقطع نعم » ، « الى حد ما » ، « بالكاد » ، « ليس تماماً » ،
« بالقطع لا » ،

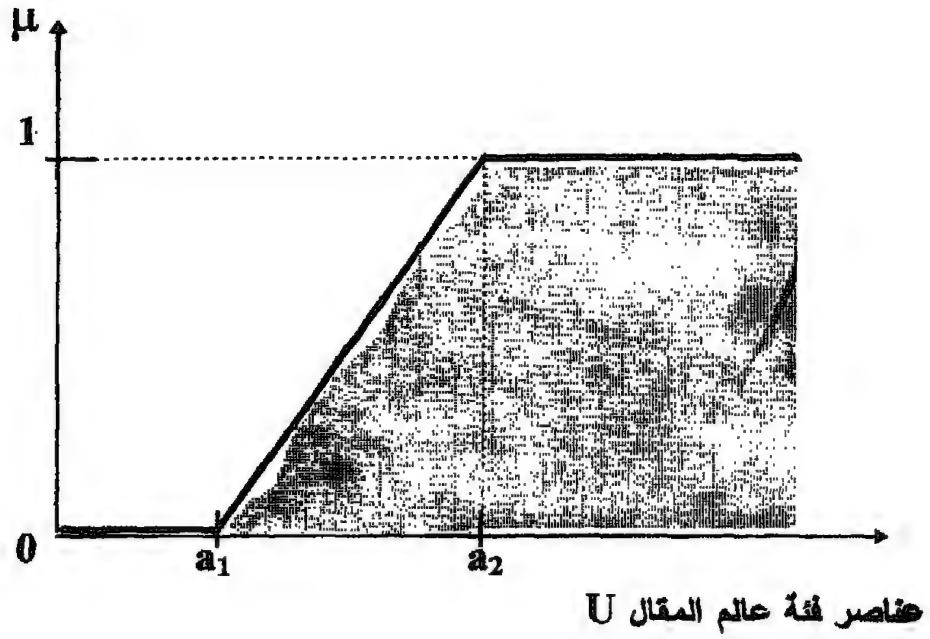
وهى التعبيرات التى يمكن ترجمتها للقيم العددية التالية :

بالقطع نعم	الى حد ما	بالكاد	ليس تماماً	بالقطع لا
1	0.75	0.5	0.25	0

لتمثل قيم دالة الانتماء للفئة الغائمة المعبرة عن صفة « الطول » .

وهناك العديد من الأشكال القياسية لدالة الانتماء والتى يمكن تكييفها طبقاً للمسألة قيد الاهتمام . فعلى سبيل المثال ، يمثل الشكل (٢-٣) إحدى الصور القياسية لدالة انتماء تعبر عن صغر قيم الصفة التى تمثلها الفئة الغائمة . وبالمثل تمثل المعادلة التالية إحدى دوال الانتماء القياسية المعبرة عن كبر قيم الصفة التى تمثلها الفئة الغائمة :

$$\begin{aligned} \mu(x) &= 0 & , 0 \leq x \leq a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & & , a_1 \leq x \leq a_2 \\ &= 1 & , a_2 \leq x \end{aligned}$$



الشكل (٢ - ٣) : التمثيل الجرافيكي لفضة غائمة تعبر عن « الكبير » .

الفصل الثالث

منطق الغيوم

٣ - ١ - روعة الغموض

« النور الوهاج كالظلام الدامس ، لا يبيح للعيون قدرة الرؤية »

محمد مستجاب (*)

« .. فتانا شطة ، صبي يافع له من العمر اثنا عشر عاما ، دفعته ظروفه الاجتماعية الصعبة الى ترك المدرسة الابتدائية والى ان ينغمس في معترك الحياة . وفتانا هذا تراه صبيحة كل يوم وهو يخترق بدراجته المتهالكة تلك الشبكة بالغة التعقيد من وسائل المواصلات والتي يطلق عليها القاهريون اسم ميدان العقبة . والأمر المحير حقا هي تلك البراعة والرشاقة التي يهبر بها فتانا الميدان حاملا فوق راسه طاولة من العيش البلدى الساخن ، لزوم افطار العديد من قاطنى المنطقة . ولا يلتقى فتانا بالا الى تلك المواقف الصعبة التي يقابلها في رحلته الصباحية . وهي ، والحق يقال ، متعددة ومتجددة لا تعرف طبيعتها التكرار . فما تفادى عربة ترام تتهادى بجسدها الممتلىء وتضاريسه « الركابية » ... ولا تجنب عربة لورى مزهوة بقدرتها على السرعة وهي محملة بأطنان من « الأمن الغذائى » ... ولا كيفية اخراج سائق عربة كارو من تأملاته الحياتية ... الا بعض منها . ولا تشغل مواجهة كل هذه المواقف فتانا عن أداء طقوس مشواره اليومى المعتادة ، فنراه وهو يلتقى بتحية الصباح لجرسون احدى تلك المقاهى المنتشرة في الميدان بمجرد أن يلمح وجهه التى تطمس تقاطيعه أثربة المقطم الممتزجة بزفرات صدور أتوبيسات النقل العام التى تسهم بهمة فى حدة أزمة الطاقة العالمية . وتراه مستمتعا بالدخول فى قافية حامية الوطيس مع أحد الزوائد البشرية لاتوبيس ينتظر بضجر ظهور لون اشارة المرور الحمراء ليستمتع بكسرها .. وبالرغم من « بشرف » الضوضاء الذى تعزفه جوقة الميدان ، بسياراتها وناسها ، يتمكن من تمييز صوت صديقه العجوز الذى شوهت سنوات شرب الحمية الطوال أغلب نغمات حباله الصوتية فأضحى فحيحا تزيينه الخرفشات ... » .

(*) كلمات لها معنى ، مجلة العربى ، العدد ٤٤٥ ، ديسمبر ١٩٩٥ ، ص ١٢٣ .

يحمل لنا المشهد السابق بعضاً من القدرات الفائقة التي يتمتع بها بنو البشر وتفتقدها مصنوعات الإنسان ، مادية كانت أم معنوية . وليست مهارات فتانا شطة الحركية ، وهى عديدة ، هى بيت القصيد . بل هى قدرات عقله التى تلفت الانتباه وطبيعة المنطق الذى يتبعه فى التعامل مع مجريات أمور واقعته بالغ التشوش والتعقيد . فعقله قادر على تمييز الأصوات وان تشوهت ، وعلى التعرف على الصور وان طمست . وهو أيضاً يتمتع بالبديهة الحاضرة التى تعنى القدرة على ابتكار الحلول المبتكرة ، ومواجهة المواقف غير المسبوقة ، والرد السريع على الأسئلة غير المتوقعة ... فلا يوجد حتى الآن حاسوب قادر على الدخول فى قافية .. ؟! . وبالرغم من استخدام العقل البشرى للتعبيرات لغوية تعوزها الدقة وعبارات تفتقر الى القطع ويلفها الغموض ، الا أنه قادر على التجريد والتعميم وعلى استنباط القاعدة وصياغة القانون .

ولا يحتاج الإنسان لانجاز المهام الى دقة فائقة . فعلى سبيل المثال يتمتع المصريون بمقدرة فائقة على « ركن » سياراتهم فى أمكنة الانتظار مهما تضاعل الحيز المتاح . وهم لا يجدون صعوبة كبيرة فى انجاز هذا الفعل حيث ان موقع السيارة واتجاهها فى الحيز المتوفر ليسا محددين بدقة بالغة ، أى بالسنتيمتر والدرجة على سبيل المثال . وبالطبع كلما تزايدت دقة تحديد موقع ركن السيارة واتجاهها ، ازدادت صعوبة عملية ركنها الى أن تصبح فى النهاية عملية غير قابلة للتنفيذ . وتقدم لنا مشكلة ركن السيارة هذه مثالا للمشاكل التى يسهل حلها بصياغتها صياغة غير دقيقة . أى أن التسامح ازاء « عدم الدقة » *imprecision* واللاتيقن *uncertainty* هو أمر لا مفر منه لتصريف شؤون الحياة . وقدرة عقل الإنسان على استغلال هذا التسامح هى التى تجعله قادراً على فهم الأصوات المشوشة ، وقراءة الخطوط غير الواضحة ، والتعرف على الصور المطموسة ، وقيادة سيارته أو عجلته فى الميادين المزدحمة ، وعبور الشوارع الفاصلة بشتى أنواع وسائل المواصلات . وهى التى تمكنه من اتخاذ قرارات صائبة فى بيئة مشوشة ومعقدة وزاخرة باللامتوقعات .

ولقد صاغ لطفى زاده هذه البديهيات على هيئة مبدأ عام يعرف بـ « مبدأ اللا توافق لزاده » *Zadeh's Principle of Incompatibility* . وينص هذا المبدأ على أنه :

« بإزدياد تعقد المنظومة أو الظاهرة قيد الدراسة تتناقص قدرة الانسان على وصف سلوكها بعبارات وصيغ « دقيقة » وتكون في الوقت نفسه « ذات مغزى » . وذلك الى الحد الذى يصبح بعده اجتماع الخاصيتين ، « الدقة » و « المغزى » ، أمرا غير ممكن » .

ولهذا المبدأ لاحقة corollary مهمة تنص على أنه :

« بقدر ما تزداد نظرتنا لمشاكل الواقع اقترابا ، بقدر ما تغم (*) علينا حلولها » .

وهذا بالضبط ما تفعله لغة الانسان الطبيعية باستخدامها الفاظا وعبارات من قبيل : « يعنى » ، و « يمكن » ، و « الى حد ما » ، و « من المحتمل » ، « ربما » ولا يؤثر وجود مثل هذه التعبيرات فى اللغات البشرية الطبيعية على قدرتها الفائقة على التعبير عما يدور فى اذهان الناطقين بها من افكار وتصورات ، ولا على تبادلها مع الآخرين . بل على العكس من ذلك فان تلك التعبيرات تزيد من كفاءة وقدرة هذه اللغات وتكسبها مرونة فائقة وثراء لا حدود له .

وهكذا ، تسفر لنا الحياة عن منطقها الذى يتقبل عن طيب خاطر عدم الدقة والغموض واللاتيقن والابهام ويتعامل معها بكفاءة بالغة . وهنا يكمن عجز المنطق التقليدى عن التعامل مع ثراء معطيات الواقع نظرا لعدم قدرة صيغه وتعبيراته الصارمة وبالغة الانضباط على تمثيل المعانى غير الدقيقة والمبهمة التى تزخر بها لغات الانسان الطبيعية من ناحية . وحتى لو تمكنت صيغه من تمثيل هذه المعانى تمثيلا رمزيا فانه يفتقر للأساليب الضرورية لاستخلاص النتائج المطلوبة منها من ناحية أخرى . واذا كان هذا هو حال المنطق التقليدى ، ثنائى القيم ومتعدداه ، فانه يصبح من الضرورى البحث عن منطق جديد يتجاوز أوجه قصوره ويقترب أكثر من منطق الحياة .

٣ - ٢ - المتغيرات اللغوية

يلعب مفهوم « المتغير » Variable دورا رئيسيا فى مختلف فروع الرياضيات والمنطق . و « المتغير » هو « حرف » أو « كلمة » تستخدم

(*) غم الشيء غما غطاءه وستره . وغم عليه الخبر استبهم واستعجم .

لتسمية واحدة من الخصائص المميزة للموضوع المطلوب وصفه . فإذا كان موضوعنا هو الإنسان فإنا نستخدم خصائص مثل : « **الطول (و)** » ، و « **الوزن (ز)** » ، و « **العمر (ع)** » ، و « **لون البشرة (ل)** » ، و « **الجنس (ج)** » ، لوصفه . وهذه الكلمات ، أو الرموز التي تحل محلها ، ليست إلا تسميات للخصائص المميزة لموضوع الدراسة وهو في هذه الحالة الإنسان . إلا أن تعريفنا للمتغير بوصفه « **خاصية مسماة** » لا يكتمل إلا بذكر استخدامه كحافظ لـ « **القيم** » . فأى من تلك المتغيرات ، في حقيقة أمره ، يمثل العديد من القيم المحتملة له . فمتغير « **الطول** » يمثل كافة القيم المحتملة لطول الإنسان ، مثل ١٥٠ سم ، ٩٠ سم ، ١٧٥ سم ، ... ومن ثم يمكنه أن يأخذ أية قيمة منها تصف الكيان الموصوف . أما متغير « **لون البشرة** » فيأخذ قيما من قبيل « **أبيض** » ، « **مائل للبياض** » ، « **قمحي** » ، « **أسمر** » ، ... وطبيعة المتغير كحامل للقيم هي التي تمكنا من استخدامه في التمييز بين كيان وكيان آخر .

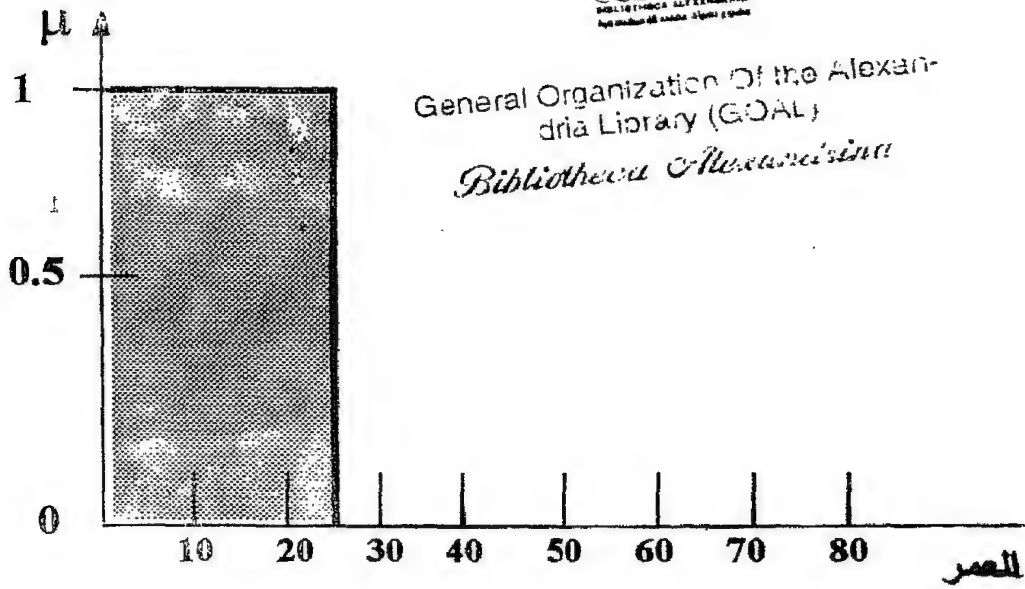
وعلى الرغم من تنوع طبيعة القيم التي يمكن لمتغير ما أن يمثلها ما بين عددية ولفوية ، إلا أن الرياضيات والمنطق التقليدي قد قصرنا دراستهما على نوعين فقط من أنواع المتغيرات . النوع الأول هو « **المتغيرات العددية** » التي تأخذ قيما عددية فقط . أما النوع الثاني فهو « **المتغيرات المنطقية** » التي تنحصر قيمها في قيمتين فقط هما « **كائب (ك)** » و « **صديق (ص)** » . ويبقى النوع الثالث « **المتغيرات اللفوية** » في انتظار المنظومة العقلانية التي تهتم بها هي الأخرى . وكانت هذه المنظومة المنتظرة هي منظومة المنطق الجديد « **المنطق الغائم** » Fuzzy Logic التي سنعرض للاحها في القسم التالي .

و « **المتغيرات اللفوية** » هي تلك المتغيرات التي يعبر عن قيمها المختلفة بواسطة كلمات أو عبارات اللغات الطبيعية للإنسان ، أي « **قيم لفظية** » ، مثل متغير « **لون البشرة** » على سبيل المثال . وإذا كانت قيم متغير « **لون البشرة** » هي قيم لفظية في الأساس ، فإن هناك العديد من المتغيرات التي يمكن التعبير عن قيمها بأكثر من طريقة . فعلى سبيل المثال يمكن التعبير عن قيم متغير « **العمر** » عدديا بتخصيص عدد معين لبيان عدد سنى العمر ، مثل ٥ أو ١٠ سنوات أو ٢٠ أو ٦٥ أو ٤٠ سنة . وبالطبع تفتق هذه الأعداد من الفئة التي تحتوي على كل الأعداد ما بين الصفر وأكبر عمر محتمل للإنسان ، أي الفئة الكونية لأعمار بنى البشر . وبالطبع فإن هذه الطريقة لوصف أعمار بنى البشر

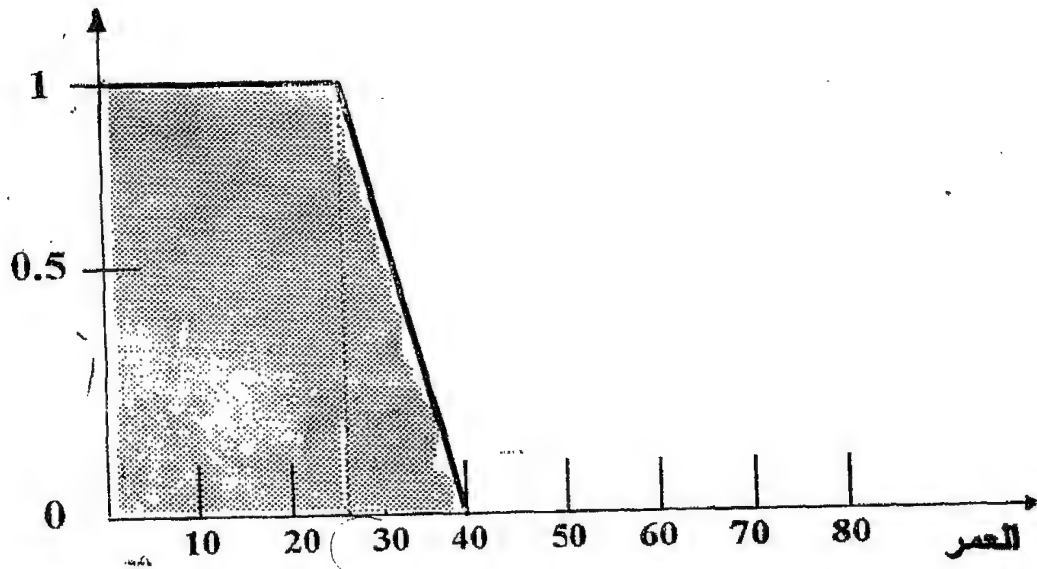
طريقة دقيقة ومحددة ، الا أن الانسان لا يلجأ إليها في أغلب الأحيان عندما يرغب في وصف عمر شخص ما . ففي العادة يلجأ الانسان لاستخدام عبارات لغوية من قبيل : « صغير » ، « ليس صغيراً » ، « كبير » ، « ليس كبيراً » ... الخ . أى أن الانسان يستخدم عند تقديره لعمر شخص ما أسلوباً غير دقيق وغير محدد . فوصفنا لشخص ما بأنه « شاب » قد يعنى عند البعض من يقل عمره عن ٢٥ سنة ، بينما يعتبر البعض الآخر أن هذا الوصف يشمل أيضاً من يقل عمرهم عن الأربعين سنة . وهذا « التفاوت » (أو « اللاتحديد » أو « الفيزية ») المصاحب لوصفنا عمر الانسان لغوياً ، يمكن تمثيله على أكمل وجه باستخدام الفئات الغائمة . ويوضح الشكل (٣ - ١) الفئة المحددة التى تقصر مفهوم كلمة « شاب » على من تقل أعمارهم عن ٢٥ سنة ، بينما يوضح الشكل (٣ - ٢) الفئة الغائمة التى تمثل مفهوم « شاب » آخذة فى الاعتبار تفاوت ولاتحديد التقديرات المختلفة لعدد سنوات هذه الصفة . وهكذا يمكن انشاء العديد من الفئات الغائمة التى تعبر كل منها عن احدى مراحل العمر ، وذلك انطلاقاً من أوصافنا اللغوية لها مثل صغير ، ليس صغيراً ، كبير ، ليس كبيراً ... وهلم جرا . بالطبع يمكننا الاستعانة بالقواعد الصرفية للفئات الغائمة (انظر القسم ٢ - ٢) لتكوين الفئات الغائمة المناظرة لقيم المتغيرات اللغوية . فعلى سبيل المثال يمكن حساب الفئة الغائمة « ليس شاباً » بوصفها الفئة الغائمة « المتمة » للفئة الغائمة « شاب » (الشكل ٣ - ٣) . ومن هذا المنطلق يمكن اعتبار استخدام « المتغيرات اللغوية » بمثابة أسلوب من أساليب « ضغط البيانات » Data compression أو « بحبختها » granulation [٨] .



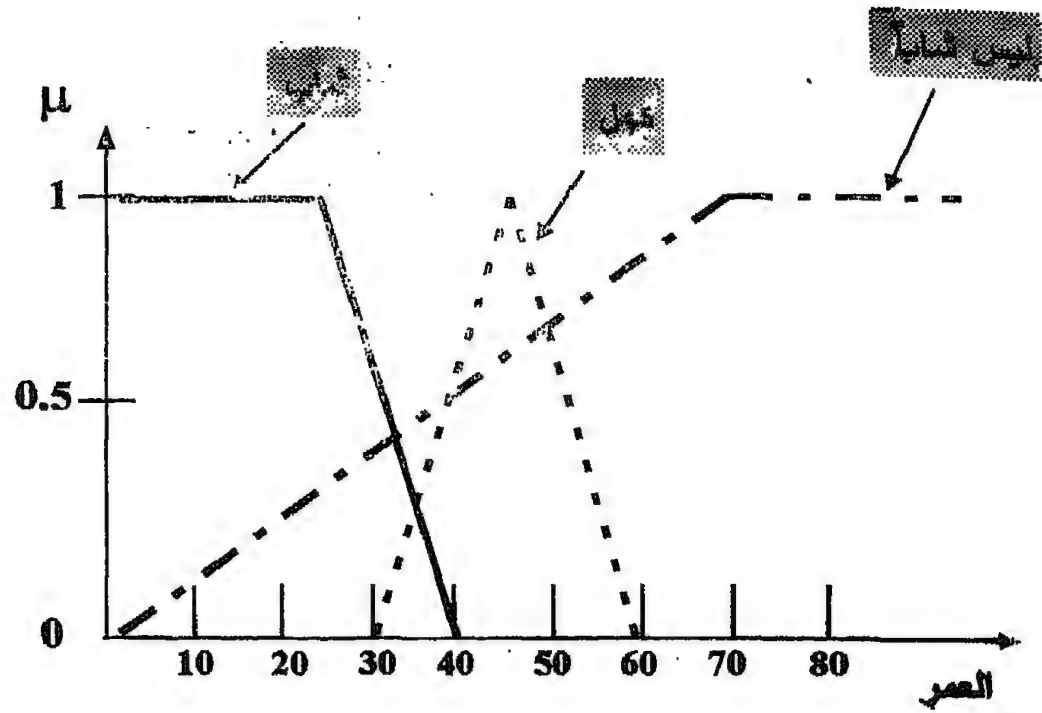
General Organization Of the Alexandria Library (GOAL)
Bibliotheca Alexandrina



الشكل (٣ - ١) : مخطط الفئة المحددة لصفة شباب .



الشكل (٣ - ٢) مخطط الفئة الغالمة لصفة شباب (من يتراوح عمره بين صفر و ٤٠ سنة) .



الشكل (٣ - ٣) : الفئات الغامضة الممثلة لبعض مراحل العمر المختلفة •

ويمكن تكوين قيم المتغيرات اللغوية باستخدام كل من :

● « حدود أولية » primary terms من قبيل : صغير ، كبير ، ...
والتي تعتبر كل منها بمثابة « عنوان » لفئة غائمة من فئات عالم المقال.
(أى الفئة الكونية المحددة التى تحتوى على كافة القيم الممكنة لعمر
الانسان) ،

● « الروابط المنطقية » مثل « ليس » (النفى Negation) ،
و « أو » (الوصل Conjunction) و « أو » (الفصل Disjunction) .

● « معدلات » modifiers (« مسوحات » Hedges) من قبيل :
ليس تماما ، الى حد ما ، كثير .

ومن ثم يمكن للمتغير اللغوى « العمر » أن يأخذ قيما مثل « ليس
صغيرا » ، « كبير الى حد ما » .

٣ - ٣ - المنطق الجديد

والآن ، وبعد أن عرضنا لمفهوم « المتغيرات اللغوية » التى
استحدثها لطفى زاده واستخدم فئاته الغائمة فى تمثيلها ، يحين وقت
التساؤل عن كيفية استخدامها فى تصريف الأمور . وهنا يتقدم للإجابة
على هذا التساؤل المنطق الجديد « المنطق الغائم » Fuzzy Logic
الذى يهدف الى « نمذجة » وصياغة أساليب « الاستدلال غير الدقيق »
Imprecise reasoning التى غالبا ما يستخدمها الانسان فى حياته اليومية.
فتمكنه من التصرف الكفاء والفعال والحكيم فى بيئته المفعمة بالأحداث
المبهمة والظواهر المشوشة . ويمكن السر فى نجاح الانسان المحفوظ.
وقدرته الفائقة على استنتاج اجابات تقريبية وإيجاد حلول غير مثالية ،
ولكنها فعالة لما قد يطرح عليه من أسئلة أو يواجهه من مواقف طارئة ،
وذلك انطلاقا من معارفه وخبراته السابقة التى غالبا ما تكون ، هى
الأخرى ، غير دقيقة وغير مكتملة . فعلى سبيل المثال لا يلقى الانسان
مشقة فى الاجابة على أسئلة من قبيل :

● إذا كان الانتقال بالسيارة من شبرا الى العباسية يتطلب (فى
العادة) (حوالى) نصف ساعة ، ومن العباسية الى مدينة نصر ثلاث
ساعة (تقريبا) ، فكم من الوقت اذن يستغرقه الانتقال من شبرا الى
مدينة نصر عبر العباسية ؟

● اذا كان (أغلب) قاطنى حى جاردن سىتى من (مرتفعى) الدخل ، وكان على من قاطنى هذا الحى . فما هو تقديرك لمستوى دخل على ؟

● تستهوى نوات الشعر الأصفر والعيون الملونة (معظم) الرجال المصريين ، وشيرين تتمتع بهاتين الميزتين ، أتراها ستلفت انتباه على ؟

وذلك على الرغم من احتوائها على كلمات مثل « فى العادة » و « تقريبا » و « أغلب » و « مرتفع » و « معظم » تصبغها بصيغة « اللاتديد » .

ولكن ما هو المقصود من عبارة « المنطق الغائم » ؟ ... وما الذى تنطوى عليه من معان ومضامين ؟ . يجيب البعض على هذه التساؤلات بأن « المنطق الغائم » هو منظومة منطقية تهدف الى صياغة « الاستدلال التقريبي » Approximate reasoning صياغة مقننة Formal. وهو من هذا المنظور يعتبر سليل المنطق متعدد القيم الذى عرضنا له فى الفصل الأول . ولكنه ، وبالرغم من صلة الرحم هذه بالمنطق متعدد القيم ، فإنه يتميز عنه باحتوائه على مفاهيم جديدة لم يفرض لها سلفه من قريب أو بعيد مثل : « المتغيرات » اللغوية و « القواعد الشرطية الغائمة » . وينظر البعض الآخر للمنطق الغائم بوصفه « نظرية للأشياء (الأصناف) ذات الملامح المبهمة وغير المحددة » ، أى أن حدوده تتطابق مع حدود « نظرية الفئات الغائمة » . ويعتبر أصحاب هذه النظرة أن « الصياغة المقننة للاستدلال التقريبي » ليست إلا أحد فروع نظرية عامة وأكثر شمولاً للتعامل مع الغموض والابهام وعدم الدقة فى ادراك الانسان لواقعه وفى أساليب تعبيره المختلفة عن هذا الادراك ، أى « نظرية الفئات الغائمة » . واليوم تلقى هذه النظرة الأكثر شمولاً للمنطق الغائم قبولا لدى المهتمين به على الصعيدين النظرى والعملى .

ويتمتع المنطق الغائم بالعديد من الصفات التى تميزه عن المنطق التقليدى ، سواء اكان ثنائى القيم أم متعددتها ، ومن أبرز هذه الصفات الصفات التالية [٩] :

● إمكانية التعبير عن تدرج درجة مصداقية القضايا (أى الاتصال مقابل التقطع) .

تقتصر قيم صدق أية « قضية » proposition من القضايا المنطقية من منظور المنطق التقليدي ثنائى القيم على قيمتين فقط هما « صادق (ص) » و « كاذب (ك) » ، تشكلان سويا عناصر فئة قيم مصداقية (أحكام) هذا المنطق ، أى أن :

$$T_2 = \{ 0, 1 \}$$

بينما تتعدد قيم صدقها فى النظم المنطقية متعددة القيم طبقا لرتبتها .
فئة أحكام المنطق « ثلاثى القيم » هى :

$$T_3 = \{ 0, 1/2, 1 \}$$

وبالنسبة للمنطق « رباعى القيم » هى عناصر الفئة المحددة التالية :

$$T_4 = \{ 0, 1/3, 2/3, 1 \}$$

أما بالنسبة للمنطق « خماسى القيم » فهى عناصر الفئة المحددة :

$$T_5 = \{ 0, 1/4, 1/2, 3/4, 1 \}$$

وهكذا بالنسبة للنظم المنطقية الاعلى رتبة .

وبالرغم من تزايد عدد قيم مصداقية (أحكام) المنطق التقليدى بارتفاع رتبته ، الا أنها تبقى قيما متقطعة تقفز من قيمة الى التى تليها متجاوزة ما قد يكون بينهما من قيم . وعلى عكس هذا ، فان المنطق الغائم يسمح بتدرج هذه القيم والتعبير عنها لغويا . فعلى سبيل المثال اذا نظرنا للجملة الخبرية (القضية proposition) التالية :

عمرو صغير

لوجدنا أن المنطق التقليدى ثنائى القيم يعبر عن مصداقيتها كما يلى :

(عمرو صغير) قضية (صادقة)

[أى أن قيمة صدقها 1 ، عاكسة بذلك صواب العبارة المطلق] .

(عمرو صغير) قضية (كاذبة)

[أى أن قيمة صدقها 0 ، عاكسة بذلك خطأ العبارة المطلق] .

بينما يعبر المنطق الغائم عن مصداقيتها بالطرق التالية :

- (عمرو صغير) قضية (صادقة)
 (عمرو صغير) قضية (صادقة بالكاد)
 (عمرو صغير) قضية (صادقة الى حد ما)
 (عمرو صغير) قضية (صادقة ...)

.....

.....

- (عمرو صغير) قضية (كاذبة)
 (عمرو صغير) قضية (كاذبة جدا)
 (عمرو صغير) قضية (كاذبة ...)

أى أن المنطق الغائم يوفر لمستخدمه عدداً غير محدود ومتدرجة
 لصادقية أية قضية مطروحة .

● إمكانية التعامل مع محمولات غائمة

يمكن كتابة القضية (الجملة الخبرية)

عمرو صغير

على الهيئة التالية (الهيئة الحملية) :

صغير (عمرو)

وهى الهيئة التى تفصل بين « موضوع » Object القضية ،
 وهو فى حالتنا هذه « عمرو » ، أى الكيان الذى يحكم له بثبوت شئ ،
 وبين « محمولها » ، وهو فى حالتنا هذه « صغير » ، أى ما يحكم بثبوته
 لموضوع القضية أو صفته . وتتيح لنا هذه الهيئة ، الهيئة الحملية ،
 التركيز على محمول القضية بغض النظر عن موضوعها ، إذ يمكن كتابة
 هذه القضية على الصورة العامة التالية :

صغير (س)

حيث ترمز س الى موضوع نرغب فى وصفه بالصغر . وصفة
 الصغر هذه وغيرها ، أى محمول القضية ، يمكن تمثيلها كفتة غائمة
 من الفئات الغائمة التى تكون الفئة الكونية لعمر الانسان .

● تنوع وتعدد المقيدات (الكميات)

يستخدم المنطق التقليدي كلمتي « كل » و « بعض » للتعبير عن مدى تمتع أفراد موضوع قضية ما بالخاصية التي يعبر عنها محمولها .
فعلی سبیل المثال ، اذا تأملنا الجملة الخبرية التالية :

كل انسان فان

أو صورتها الحملية

[كل] فان (انسان)

لوجدنا أنها تعبر عن انطباق صفة « الفناء » على كل بنى البشر .
وبالطبع فأننا نستشف هذه العمومية من وجود كلمة « كل » . أما اذا
نظرنا للجملة الخبرية التالية :

بعض الحيوانات اليفسة

أو صورتها الحملية

[بعض] أليف (حيوان)

لتبيننا من وجود كلمة « بعض » أن صفة الألفة هذه لا تنطبق الا على
بعض الحيوانات فقط وليس كلها .

وتعرف هاتان الكلمتان ، « كل » و « بعض » ، في لغة المنطقة
بالـ « مقيدات » أو بالـ « كميات » Quantifiers ولا يتيح المنطق التقليدي،
أيا كانت رتبته ، سوى هذين المقيدین . وعلى العكس من هذا يوفر
المنطق الغائم ، بالإضافة اليهما ، تشكيلة من المقيدات التي تمكن
الانسان من وصف معطيات واقعه المتنوعة بشكل أكثر واقعية من
تبيل : « أغلب » ، « حوالى » ، « معظم » ، « العديد » ، « في العادة » ،
« يوما » ، « أحيانا » ،

● القبرة على تمثيل « معدلات المحمول »

عند سؤال أفراد جماعة ما عن رأيهم في جمال فتاة ما ، ولنمنحها
اسم سارة ، فان اجاباتهم قد تأخذ الصور التالية :

سارة جميلة

سارة جميلة (جدا)

سارة جميلة (الى حد ما)

سارة جميلة (للغاية)

سارة جميلة (قليلا)

سارة (ليست) جميلة

أى أن صفة الجمال (محمول القضية) التى يحكم بثبوتها من عدمه لسارة (موضوع القضية) تتفاوت شدتها من شخص لآخر . وهو التفاوت الذى تعكسه الكلمات والعبارات التالية : « جدا » ، « إلى حد ما » ، « للغاية » ، « قليلا » ، « ليست » . وهذه الكلمات وغيرها تعرف بـ « معدلات المحمول » predicate-modifier . ويتميز المنطق الغائم بقدرته على التعبير عن هذه المعدلات سواء اكانت ممثلة بواسطة فئات محددة أم فئات غائمة .

● تعدد وتنوع موصفات القضايا

توصف القضايا ، من منظور المنطق التقليدى ، بادىء ذى بدء بتعيين قيمة صدق القضية المطروحة ، أى كونها صادقة أو كاذبة . وبالإضافة الى هذا التوصيف يوجد « التوصيف الحدوثى » Modal qualification لها الذى يقرر مدى امكانية حدوثها ويتم ابرازه باستخدام كلمات مثل « ممكن » و « ضرورى » ، و « التوصيف الاعتقادي » Intentional qualification الذى يحدد طبيعة اعتقاد قائلها فيها وتبرزه كلمات مثل « يعرف » و « يعتقد » . وتتضح هذه الجوانب الوصفية الثلاثة من تأمل العبارة التالية :

(من المعروف) أن (الجو سيكون ممطرا) هو أمر (محتمل)

فالجملة الخبرية « الجو سيكون ممطرا » هى القضية (الجملة الخبرية) التى لها قيم صدق ، بينما تصف عبارة « من المعروف » الحالة الاعتقادية لها ، أما كلمة « محتمل » فتصف درجة حدوثها ..

ويوغر المنطق الغائم ثلاثة أشكال رئيسية لتوصيف القضايا modes of qualifications ، فعلى سبيل المثال اذا اعتبرنا القضية التالية :

« الدنيا ربيع » .

فان أشكال توصيفها الثلاثة ، طبقا للمنطق الغائم ، تصبح كما يلى :

الحقيقة الرمادية - ٦٥

● توصيف المصادقية

(الدنيا ربيع) (ليست صحيحة تماما)
حيث تعبر العبارة « ليست صحيحة تماما » عن قيمة صدق القضية
« الدنيا ربيع » .

● توصيف الاحتمالية probability-qualification

(الدنيا ربيع) أمر (غير محتمل)
حيث تعبر عبارة « الدنيا ربيع » عن قدر احتمال حدوث القضية .

● توصيف الامكانية possibility-qualification

(الدنيا ربيع) أمر (غير ممكن الى حد كبير)
حيث تصف عبارة « غير ممكن الى حد كبير » قدر امكان حدوث
القضية .

٣ - ٤ - الاستدلال بالكلمات

والآن ، وبعد أن عرضنا لمفهوم « المتغيرات اللغوية » ، هذا المفهوم
الذي استحدثه لطفى زاده واستخدم فئاته الغائمة في التعبير عنه ،
لينشئ بذلك لغة رياضية جديدة تقترب أكثر من واقع الحياة ، وبعد أن
قدمنا للثارئ المنطق الجديد ، « المنطق الغائم » ، هذه الآلة الذهنية
المستحدثة خصيصا للتعامل مع المتغيرات اللغوية ، وعرضنا للماحبه
الخاصة التي تميزه عن المنطق التقليدي بمختلف رتبته ، يحين وقت
التساؤل عن كيفية استخدام هذه الآلة الذهنية في التعامل مع المتغيرات
التي تصف أحداث الواقع وكياناته لنستخلص منها ما قد ينفعنسا في
التعامل معها . انه اذن السؤال عن كنه وطبيعة « الاستنتاج الغائم »
Fuzzy Inference ، هذا النوع من أنواع الاستنتاج المختلفة الذي
يسمى الى محاكاة ما يستخدمه عقل الانسان من آليات لتقصي الحقائق
ولاتخاذ القرارات . ويقوم « الاستنتاج الغائم » على قاعدتين :

● قاعدة الاستلزام الغائم Fuzzy Implication :

● قاعدة التركيب للاستنتاج Compositional Rule of Inference

وهما القاعدتان اللتان سنتعرض لهما تفصيليا قبل عرض بعض
الأمثلة التطبيقية للاستنتاج الغائم مثل « مشاعر الخطيب الخائب »
و « الطبيب الحائر » .

قاعدة الاستلزام القائم

يعرف النحاة الجملة الشرطية أو (الأسلوب الشرطى) بأنها كل ما اتخذ الهيئة التالية :

أداة الشرط	(جملة الشرط أو موضوعه)	رابطة الجواب	(جواب الشرط أو محموله)
(١) إذا	(مرضت)	فـ	(اذهب الى الطبيب)
(٢) من	(أغشى سرنا)	فـ	(ليس منا)
(٣) أن	(خالفتنى)	فـ	(لن تنال هديتى)
(٤) إذا	(سخن الحديد)	..	(تمدد)
(٥) أن	(تعمل)	..	(تنجح)
(٦) من	(جد)	..	(وجد)
(٧) متى	(يأت الصيف)	..	(تزحم الاسكندرية)
(٨) حيثما	(يجر النيل)	..	(تخصب الأرض)
(٩) كيفما	(تعامل الناس)	..	(يعاملوك)

وكان الأسلوب الشرطى المستخدم فى اللغات الطبيعية هو النموذج الذى استلهمه المناطقة ، بعد أن بسطوه وجردوه ، ليصوغوا على غرارهم احدى قواعدهم الشهيرة لاستخلاص الحقائق ، وهى صيغة « الاستلزام » Implication التى تأخذ الهيئة التالية :

IF P THEN Q

إذا P فـ Q

كما يمكن كتابتها على الصورة الرمزية التالية :

$P \rightarrow Q$

حيث P جملة خبرية (قضية) تعرف بـ (المقدم) Antecedent و Q جملة خبرية أخرى (قضية) تعرف بـ « اللزوم » Consequent ، وحيث يعبر الرمز \rightarrow عن الصيغة (إذا ... فـ) . وبالمطبع تنحصر قيم مصداقية كل من القضيتين P و Q ، من منظور المنطق التقليدى ، فى قيمتين فقط ، فأى منهما إما أن يكون كاذبا مائة فى المائة أو أن يكون صادقا مائة فى المائة . وهكذا تبرز مرة أخرى مسألة تدرج الخطأ والصواب التى تتبدى فى التعبيرات اللغوية ويعجز عن تمثيلها المنطق التقليدى . هذا بالإضافة الى أن صيغة الاستلزام هذه لا يمكنها تمثيل التنوع الذى يوفره الأسلوب الشرطى اللغوى (تأمل على سبيل المثال

« لازم » الجملة رقم (١) المكتوبة بصيغة الأمر ، والجملة رقم (٩) التي لا تعبر مكوناتها ، أى « مقدها » و « لازمها » ، صراحة عن المقصود من كلمة « التعامل » .

ولا يقتصر عجز صيغة « الاستلزام » ، فى صورتها التقليدية ، على هذا فقط بل يتعداه ليشمل قدرتها على تمثيل الواقع تمثيلا صحيحا . فالمناطق ينظرون الى الصيغة $(P \Rightarrow Q)$ بوصفها قضية مركبة من القضيتين الاوليتين (الذريتين atomic) P و Q ومن ثم تتوقف قيمة صدقها ككل على قيم صدق القضايا المكونة لها وذلك طبقا للجدول التالى :

P	Q	$P \Rightarrow Q$
T (ك)	T (ص)	T (ص)
T (ص)	F (ك)	F (ك)
T (ك)	T (ص)	T (ص)
T (ك)	T (ص)	T (ص)

أى أن القضية المركبة $P \Rightarrow Q$ صحيحة فى كافة الحالات الا فى حالة كون « اللازم » كاذبا . وهذا بدوره يقودنا الى مازق ، فالحقيقة المركبة :

إذا (زقزقت العصفير فى الصباح)

ف (سيجذب مسلسل ليالى الحلمية أنظار المشاهدين) .

فى عرف المنطق التقليدى ، قضية صحيحة تماما على الرغم من أنه لا توجد أية علاقة بين زقزقة العصفير واعجاب المشاهدين بمسلسل ليالى الحلمية . وهكذا تصبح العبارة السابقة مازقة من المضمون ، ومجردة من المعنى ، وفاقة الصلة بما يحدث فى الواقع المعاش . أنه وضع شبيه بمن يقول جملة صحيحة نحوية ولكن لا معنى لها فى أذهان السامعين .

وجاء المنطق الغائم ليحتفظ بصيغة « الاستلزام » شكلا وان غيرها موضوعاً . فمن ناحية يشترط هذا المنطق وجود علاقة واقعية بين موضوعات القضايا الداخلة في تكوين « جملة الشرطية » (أو « صيغ استلزامه » أو « قواعد انتاجه » ، اى بين « المقدمات » و « اللوازم » . وعليه تصبح الجملة الشرطية السابقة غير مقبولة من منظور المنطق الغائم لانتفاء وجود أية علاقة بين زقزقة العصافير واعجاب المشاهدين بمسلسل ليالى الحلمية . هذا بالاضافة الى التعدد اللانهائى وتدرج قيم مصداقية هذه القضايا حيث انها تأخذ أية قيمة بين الصفر والواحد الصحيح . ومن ناحية أخرى ، يستخدم المنطق الغائم مفهوم المتغيرات اللغوية في التعبير عن موضوعات القضايا المكونة لجملة الشرطية . فعلى سبيل المثال يمكن باستخدام هذا المفهوم كتابة « صيغ استلزام » (أو « جمل شرطية » أو « قواعد انتاج ») من قبيل :

- [١] اذا (كان الجو حاراً) فهـ (اجعل سرعة المروحة كبيرة) .
- [٢] اذا (كان الجو معتدلاً) فهـ (اجعل سرعة المروحة متوسطة) .
- [٣] اذا (كانت المرأة بدينة) فهـ (ستحتاج لسعرات حرارية قليلة) .
- [٤] اذا (كان الرجل نحيفا) فهـ (سيحتاج لسعرات حرارية كثيرة) .

وهنا نلاحظ أن القاعدتين الأولى والثانية تستخدمان المتغيرين اللغويين (حار ، معتدل) اللذين يمكن تمثيلهما كصفات غائمة معرفة على الفئة الكونية لكافة القيم الممكنة لدرجة حرارة الجو ، و (كبيرة ، متوسطة) اللذين يمكن تمثيلهما كصفات غائمة معرفة على الفئة الكونية لكافة القيم المحتملة لسرعة دوران المروحة . وبالمثل نجد القاعدتين الثالثة والرابعة تستخدمان المتغيرين اللغويين (بدين ، نحيف) المعروفين على الفئة الكونية لقيم الوزن الممكن للانسان ، و (قليل ، كثير) المعروفين على الفئة الكونية التى تضم كافة الأرقام التى يمكن للانسان استخدامها للتعبير عن الكبر أو الصغر . هذا ويمكن اعتبار مجموع الجمل الشرطية (صيغ الاستلزام ، قواعد الانتاج) التى تعبر عن موضوع بعينه ، مثل « ارتباط سرعة المروحة بدرجة حرارة الجو » أو « توقف عدد السعرات الحرارية اللازمة للانسان على وزنه » ، بوصفها عناصر علاقة غائمة بين فئتين كونيتين (انظر القسم ٣ - ٢) . فالقاعدتان الأولى والثانية يمكن اعتبارهما عنصرين من عناصر علاقة غائمة بين فئتين كونيتين : الأولى هى الفئة الكونية التى تضم كافة القيم

الممكنة لدرجة حرارة الجو ، والثانية هي الفئة الكونية التي تضم كافة القيم المحتملة لسرعة دوران المروحة . وبالمثل يمكن اعتبار القاعدتين الثالثة والرابعة كعنصرين من عناصر علاقة غائمة بين فئتين كونيتين : الأولى هي الفئة الكونية لقيم الوزن الممكن للإنسان ، والثانية الفئة الكونية التي تضم كافة القيم العددية التي يمكن للإنسان استخدامها للتعبير عن كبر أو صغر شيء ما .

قاعدة التركيب

تعتبر « قاعدة التركيب للاستنتاج » ، التي صاغها لطفى زاده لتكون أداة منطق للاستدلال بواسطة الكلمات (أو المتغيرات اللغوية) ، هي الصورة الأشمل والأعم لأحدى صيغ الاستدلال الشهيرة للمنطق التقليدي والمعروفة بـ « صورة الوضع للاستنتاج الحملى الشرطى » modus ponens . ولفهم هذه الصورة سنفترض أنه لدينا الجملة الشرطية (أو صيغة الاستلزام) التالية :

إذا (أمطرت السماء) فـ (ستبتل ملابسك)

التي تعبر عن خبرتنا السابقة عما يحدث عند سقوط الأمطار ، وكان الوضع الحالى تتضمنه الجملة الخبرية (أو القضية) :

(السماء ممطرة)

فإننا نستنتج على الفور انطلاقاً من خبرتنا السابقة كما تمثلها الجملة الشرطية ومن الوضع الحالى كما تعبر عنه الجملة الخبرية أن :

(ملابسك ستبتل)

هذا ويمكن كتابة عملية الاستدلال المنطقى هذه على « صورة الوضع للاستنتاج الحملى الشرطى » كما يلى :

(أمطرت السماء) ← (ستبتل ملابسك) [صيغة الاستلزام التي تمثل الخبرة السابقة]

(السماء ممطرة)
..... [الجملة الخبرية التي تصف الوضع الراهن]

اذن (ملابسك ستبتل)
[النتيجة المستقاة من صيغة الاستلزام والجملة الخبرية]

والآن ، وبعد تعريف العلاقة الغائمة R التى تربط بين فئتين كونيتين U و V بوصفها مجموع صيغ الاستلزام (الجمل الشرطية ، قواعد الانتاج) الغائمة بين عناصر هاتين الفئتين والتى تمثل معرفتنا وخبرتنا حول موضوع ما ، يمكن صياغة « قاعدة التركيب للاستنتاج الغائم » لغويا على هيئة السؤال التالى :

كيف يمكن حساب الفئة الغائمة Y المعرفة على V والتى تنشأ نتيجة لوجود العلاقة الغائمة R بين U و V ، وذلك بمعلومية الفئة الغائمة X المعرفة على U ؟

فعلى سبيل المثال اذا علمت العلاقة الغائمة بين وزن الانسان وعدد السرعات الحرارية اللازمة له (أى مجموع الجمل الشرطية المشابهة للجملتين ٣ ، ٤) وعلم المتغير اللغوى (الفئة الغائمة) الذى يصف وزن شخص ما ، فانه يصبح من الممكن حساب المتغير اللغوى (الفئة الغائمة) الذى يعبر عن قدر السرعات الحرارية اللازمة له .

هذا ، ويمكن تمثيل « قاعدة التركيب للاستنتاج الغائم » رمزيا على الصورة التالية :

$$Y = X \circ R$$

حيث يعبر الرمز (O) عن « تركيب » (*) كل من الفئة الغائمة X مع العلاقة الغائمة R المعلومتين للحصول على الفئة الغائمة المجهولة Y هذا ويمكن التعبير عن هذه القاعدة بدلالة دوال انتماء كل من X و R و Y كما يلى :

$$\mu Y = \max \{ \min [\mu X (x), \mu R (x, y)] \\ X \in X$$

فعلى سبيل المثال (**) اذا مثلت دالة الانتماء لعناصر الفئة الغائمة على الهيئة التالية (متجه او مصفوفة من ثلاثة أعمدة وصف واحد) :

$$X = [0.2 \ 1 \ 0.3]$$

ومثلت دالة الانتماء لعناصر العلاقة الغائمة R على صورة المصفوفة الثلاثية (ثلاثة أعمدة ، ثلاثة صفوف) التالية :

(*) للمقارء الملم بالرياضيات تشبه قاعدة تركيب علاقتين أو علاقة مع فئة قاعدة ضرب المصفوفات .
(**) ليس من الضرورى تتبع عمليات حساب دوال الانتماء ، فالقصد هو اعطاء فكرة عن كيفية اجرائها .

$$R = \begin{bmatrix} 0.8 & 0.9 & 0.2 \\ 0.6 & 1 & 0.4 \\ 0.5 & 0.8 & 1 \end{bmatrix}$$

فان حساب دالة الانتماء لعناصر الفئة القائمة Y يتم باستخدام المعادلة :

$$\mu_Y(y_j) = \max_j \{ \min [\mu(x_i), \mu(r_{ij})] \}$$

ويمكن باستخدام هذه المعادلة حساب قيم دالة انتماء عناصر الفئة القائمة المجهولة Y التي يمكن التعبير عنها كما يلي :

$$Y = [0.6 \quad 1 \quad 0.4]$$

أى أن تنفيذ « الاستنتاج الغائم » يتم عبر الخطوتين التاليتين :

● تحديد العلاقة القائمة بين فئتين عالمي مقال (الفئتين الكونيتين) الموضوع قيد الدراسة ، أى حساب « الاستلزام الغائم » بينهما ،

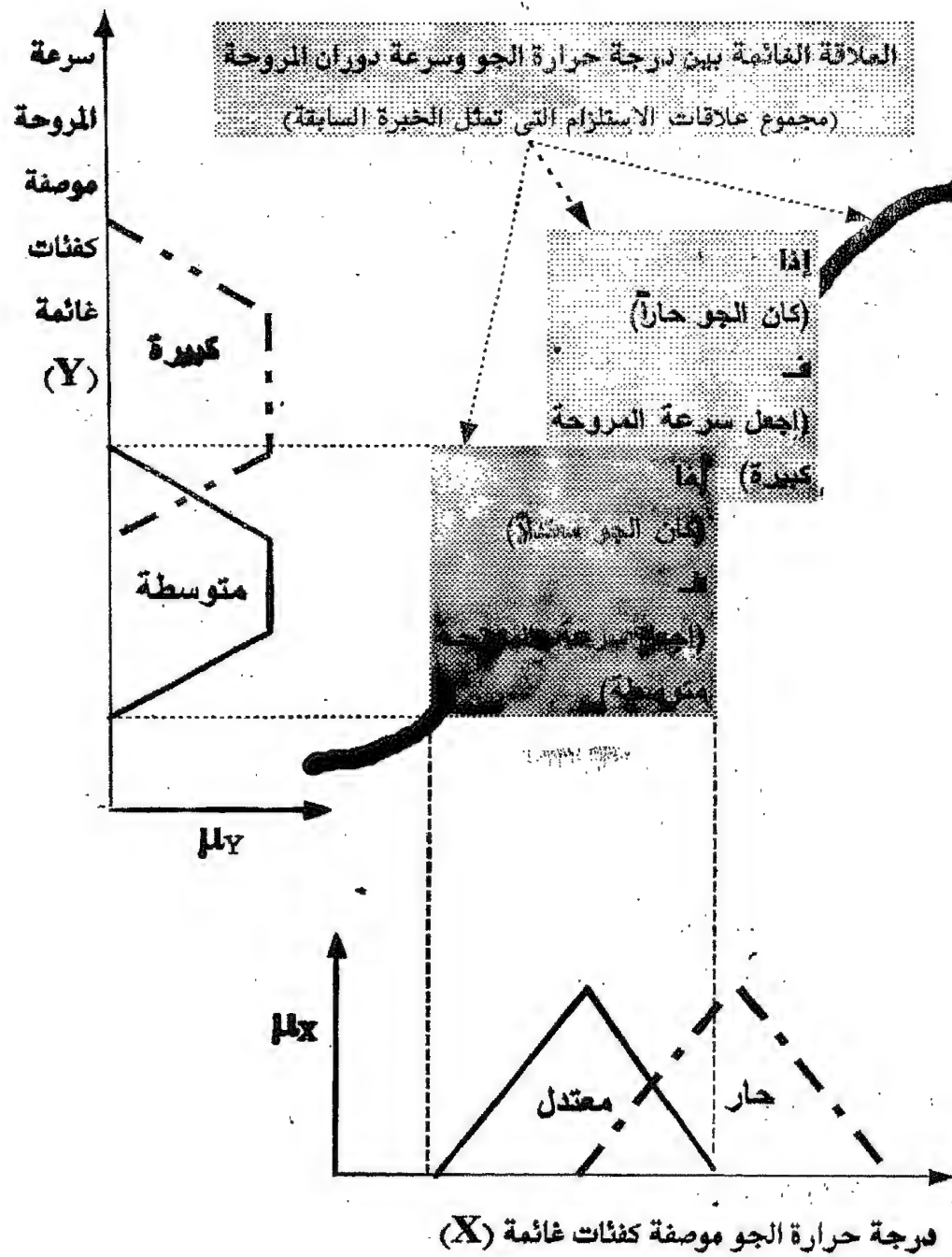
● حساب النتيجة المطلوبة باستخدام « قاعدة التركيب » .

أى أنه باختصار :

IF X THEN Y BY R

إذا X إذن Y بمعلومية العلاقة R

هذا ويوضح الشكل (٣-٤) مخططا لعملية الاستنتاج الغائم .



الشكل (٣ - ٤) : تمثيل بياني للاستنتاج الغائم .

٣ - ٥ - مشاعر الخطيب الغائب

والآن ، وبعد أن استفرقتنا الرموز طويلا آن الأوان لنرى كيفية استخدام أسلوب الاستنتاج الفائم في تقدير ما ستكون عليه مشاعر شاب تقدم لخطبة فتاة أعجبه وجاء ردها غير موات . ونقطة البداية هي تحديد فئتي عالمي المقال المتعلقين بهذا الأمر . وأول الفئات هي الفئة الكونية X التي تحتوى على كافة الردود الممكنة للفتاة المطلوب خطبتها ، أي أن :

$$X = \{ \text{قبول } (X_1) \text{ رفض } (X_2) \text{ طلب مهلة للتفكير } (X_3) \}$$

$$\text{طلب مقابلة العائلة } (X_4) \text{ ، ضحكة ساخرة } (X_5)$$

$$\{ \text{دموع الفرح } (X_6) \}$$

هذا ويمكن التعبير عن استجابة الفتاة للشاب المولع بها والراغب في خطبتها بواسطة الفئة الغائمة M المعرفة على الفئة الكونية X والتي تتكون من الردود المحتملة للفتاة وقيمة دالة انتماء كل منها . وتعتبر دالة الانتماء لهذه الفئة ، $\mu M(X)$ ، عن درجة تيقن الشاب من تضمن استجابة الفتاة لرد بعينه . فعلى سبيل المثال ، يمكن تمثيل إحدى الاستجابات المحتملة للفتاة بواسطة الفئة الغائمة التالية :

$$M = \{ \text{رفض } (x_2) / 0.97 + \text{ضحكة ساخرة } (x_5) / 0.8 \}$$

أي أن استجابتها لطلب الشاب قد تأخذ هيئة رفض شبه قاطع (0.97) مصحوب غالبا بضحكة ساخرة (0.8)...

أما فئة عالم المقال الثانية اللازمة لوصف موضوعنا فهي الفئة الكونية Y التي تحتوى على كافة أنواع المشاعر التي قد تتبادر المتقدم لخطبة الفتاة بعد تلقيه ردها ، أي أن :

$Y = [\text{تسعادة } (y_1), \text{الم } (y_2), \text{اندهاش } (y_3), \text{غضب } (y_4), \text{صبر } (y_5), \text{نفاد صبر } (y_6), \text{تأثر } (y_7)]$

هذا ويمكن تمثيل مشاعر الشباب حال معرفته لرد الفتاة كقائمة R معرفة على الفئة الكونية Y . وتعتبر دالة الانتماء لهذه الفئة $\mu_R(y)$ عن مدى حدة مشاعر الشاب بعد تلقيه رد الفتاة الذي تمثله الفئة M . وتعد الفئة القائمة R هي الفئة التي نرغب في تعيينها بواسطة آلية الاستنتاج الغائم .

وتبدأ أولى خطوات الاستنتاج الغائم بتحديد العلاقة القائمة A بين الفئتين X و Y التي تعكس دالة الانتماء اليها ، $\mu_A(y, x)$ مدى اتساق رد فعل الشاب (أو شعوره) x لرد الفتاة y . ويمثل الجدول التالي هذه العلاقة في حالتنا هذه :

عناصر الفئة الكونية لردود الفتاة

عناصر الفئة الكونية لمشاعر الشباب	(X_1) قبول	(X_2) رفض	(X_3) طلب مهلة للتفكير	(X_4) طلب مقابلة العاقلة	(X_5) ضحكة ساخرة	(X_6) دموع الفرح
(x_1) سعادة	0.9	0	0.2	0	0	1
(y_2) الم	0	0.9	0.1	0.2	1	0
(y_3) اندهاش	0.1	0.9	0.2	0.9	1	0.3
(y_4) غضب	0	0.5	0	0.6	0.7	0
(y_5) صبر	0.1	0	0.9	0	0	0.5
(y_6) نفاد صبر	0	0.3	0.2	0.3	0.4	0
(y_7) تأثر	0.9	0	0.9	0.3	0	1

فعلی سنیل المثال اذا قبول طلب الشاب بـ « ضحكة ساخرة » من الفتاة (أى X_5)، فان شعوره لا بد وان يكون « الما » (أى Y_2)، أى أن :

$$\mu_A (Y_2 \text{ و } X_5) = 1$$

وبالطبع لا يمكن أن يكون « صبرا » (أى y_5) ، أى أن :

$$\mu_A (y_2, y_5) = 0$$

وبعد تحديد العلاقة الغائمة بين الفئتين السكونيتين X و Y ، تستخدم « قاعدة التركيب » التالية :

$$R = M \circ A$$

أو بصورة أخرى :

$$\mu_R(y) = \max_{x \in X} \min [\mu_M(x), \mu_A(x, y)]$$

لحساب الفئة الغائمة التى تمثل مشاعر الشاب بعد تلقيه رد الفتاة التى تمثله الفئة الغائمة M . وتفسر الحسابات عن الفئة الغائمة التالية :

$\{ 0.9/(y_2) \text{ أندهاش } 0.9/(y_3) \text{ غضب } 0.7 (y_4) \text{ نفاد صبر } 0.4/(y_5) \}$ =
أى أن مشاعر هذا الشاب هى مزيج من الألم والاندهاش الشديدين المصحوبين بغضب ، والمشوبين ببعض من نفاد الصبر . . . !

الفصل الرابع

الأقنعة الأربعة للمفاوض

٤ - ١ - ادارة التعقد

لم يكف الانسان منذ نشأته على كوكب الأرض عن تأمل ما يدور حوله من أحداث وما يقع أمامه من ظواهر . ولم يكتف الانسان بالتأمل بل سعى جاهدا لفهم وتفسير هذه الظواهر والأحداث حتى يتيسر له تطويعها لخدمته أو للتعايش معها بسلام . وارتبط هذا السعى دوماً بمدى قدرته على اكتساب « المعرفة » بأنواعها الثلاثة (القسم (٢-٣) ، سواء أتعلمت هذه المعرفة بالظواهر الكونية ، أم بأحوال الواقع المعاش ، أم بشئون المجتمعات التي يقيمها . ولقد مرت مسيرة الانسان الطويلة في تعامله مع المعرفة بمرحلتين أساسيتين . ففي البداية كانت **المرحلة الأولى** ، مرحلة تصدرت فيها مسألة « **كيفية مواكبة أحوال الواقع المتغيرة** » اهتمامات الانسان فعنى بأساليب استخلاص المعرفة المتعلقة بمكونات هذا الواقع الحية منها وغير الحية . وأسفرت هذه المرحلة ، في نهاية المطاف ، عن ظهور « **المنهج العلمي** » كأداة ذهنية لتتقصى أحوال الواقع ، ولانتاج المعرفة المتعلقة بها ، ولإختبارها والتأكد من صدقها وصلاحياتها . ولم يكن شغل الانسان الشاغل في هذه المرحلة هو مجرد زيادة رصيده المعرفي بقدر ما كان معنيا بكيفية استخدام هذا الرصيد المتعاظم في تحسين أحوال معيشتة على كافة المستويات .

وجاءت **المرحلة الثانية** من مراحل مسيرة الانسان في تعامله مع المعرفة بعد أن تنامي رصيده منها الى حد غير مسبوق ، وبعد أن تطورت ادوات وآليات انتاجها الذهنية والمادية (متمثلة في ظهور الحاسب ونظمه المختلفة على سبيل المثال) تطورا هائلا . وكان موضوع الاهتمام الرئيسي لهذه المرحلة التي نعيشها الآن هو طبيعة « المعرفة » في حد ذاتها . أي أنه ، بعبارة أخرى ، كان متعلقا بالتعرف على خصائص المعرفة المتعلقة بالواقع التي يحوزها الانسان ، وعلى امكانية انتاجها واستخلاصها من الواقع ، وحدود هذه الامكانية . وهكذا تصدرت قائمة اهتمامات الانسان محاولة الاجابة على أسئلة من قبيل :

— ما الذي يمكن معرفته والذي لا يمكن معرفته (**حدود المعرفة**) . . . ؟ ،

— ما الذي نعرفه والذي لا نعرفه (**حدود الجهل**) . . . ؟ ،

— كيف تتم عملية المعرفة (آليات المعرفة) ؟ . . . ؟ —

واحتمل سؤال « كيف نواكب المعرفة ونقيضها (الجهل) ؟ » مكان الصدارة في قائمة الهموم الفكرية للإنسان المعاصر .

وقد ارتبطت المرحلة الثانية ارتباطا وثيقا بما يعرف اليوم بـ « مشكلة التعقد » بأبعادها المختلفة . هذا التعقد الذي يعتبر أحد أهم السمات المميزة لواقعنا المعاصر . ولقد أسهمت عوامل عديدة في بروز تلك المشكلة وفي تفاقمها ومن ثم في تزايد وعى الإنسان بها . ومن أهم تلك العوامل :

● تكاثر كيانات الواقع وتزايد تشابكها مما أدى إلى « انفجار معلوماتي أو (معرفي) » بكل ما يعنيه هذا من تعاضد غير مسبوق في كمية البيانات والمعلومات التي يتعين على الإنسان جمعها واستخلاصها وحفظها ومعالجتها وبثها ،

● وعى الإنسان المتزايد بقدر « اللاتيقن » Uncertainty الذي لا يمكن تفاديه فيما يستخلصه من معلومات عن أحوال الواقع ومما يؤسسه على تلك المعلومات من معرفة .

ويعزى الفضل في أرهاق حس الإنسان بأهمية موضوع « اللاتيقن » إلى كل من « قاعدة اللاتيقن لهيزنبرج » Heisenberg's Uncertainty Principle و « نظرية عدم الاكتمال لجودل » Gödel's Incompleteness Theorem . ففي نهاية الثلث الأول من القرن العشرين صاغ عالم الفيزياء الألماني هيزنبرج قاعدته الشهيرة التي تنص على ما يلي :

« تؤدي زيادة دقة معلوماتنا عن أحد العناصر الواصفة لسلوك الجسيمات الدقيقة (مثل : كمية الحركة أو الطاقة) إلى نقص دقة معلوماتنا عن بقية العناصر الأخرى (مثل : الموقع أو الزمن) » .

وهو نقص لا يمكن التغلب عليه مهما تحسنت وتطورت أدوات القياس والملاحظة المستخدمة ، فهو من طبائع الأشياء . فعلى سبيل المثال كلما ازدادت الدقة في تحديد سرعة جسيم دقيق (الكترون) على سبيل المثال) ، قلت الدقة في تحديد موقعه بالضبط إلى أن نفقد أثره تماما مع تحديدنا فائق الدقة لسرعته

وإذا كانت وقائع عالم الجسيمات الدقيقة المادى أدت الى اكتشاف قاعدة اللاتيقن التى تحكم سلوكها ، فإن عالم الرياضيات غير الملموس كان هو الرحم الذى تكونت فيه «نظرية عدم الاكتمال لجودل» . ويلزم قبل التعرض لضمون هذه النظرية شرح بعض المفاهيم الأساسية . وأول هذه المفاهيم هو مفهوم « النظرية » ، فالنظرية تعتبر نموذجاً رمزياً يمثل ويلخص ويكتف معرفتنا بأمر من أمور الواقع . فعلى سبيل المثال إذا كانت لدينا نظرية ما عن حركة الأجرام السماوية ، فسانه يصبح بمقدورنا وصف هذه الحركات والتنبؤ بها وتوليد البيانات المتعلقة بها وليس مجرد رصد هذه الحركات وتسجيلها . و « النظرية المثالية » هى تلك النظرية التى تتمتع بالخصائص التالية :

● قابلية الوصف المتناهى *Finitely describable* ، أى أن يكون بمقدورنا كتابة كتاب ، بغض النظر عن حجمه ، يشرح كيفية استخدام النظرية فى استخلاص نتائج محددة وفى اثبات صحة هذه النتائج .

● الاتساق *Consistency* ، أى لا يؤدي استخدام النظرية الى نتيجة معينة ونقيضها فى نفس الوقت ،

● الاكتمال *Completeness* أى أنها لا بد أن تتضمن كافة الحقائق المتعلقة بموضوعها .

وانطلاقاً من هذه المفاهيم أثبت عالم الرياضيات جودل نظريته الشهيرة التى تنص على ما يلى :

« لا توجد نظرية (رياضية) تستوفى شروط النظرية المثالية الثلاثة مجتمعة ، أى :

● التوسيف المتناهى

● الاتساق

● الاكتمال » .

أو بعبارة أخرى :

« نظريات الانسان متناهية (محدودة العدد) ، ولكن الحقيقة لا متناهية » .

الحقيقة الرمادية - ٨١ .

وهكذا أصبح على الانسان ، في مواجهته لمشكلة التعقد ، ان يتقبل « اللاتيقن » كحقيقة من حقائق الحياة التى لا يمكن تجنبها ، وأن يسعى للتعايش معه فى وئام ، وأن يكف عن التعامل معه كعدو تلزم تصفيته ، وأن ينظر اليه كصديق ينفى التفاهم معه بل وحتى توظيفه لصالح الانسان . . . ؟! . وليس هذا الأمر بمستغرب ، فالعقل البشرى يتحایل على تعقد أحوال الواقع بزيادة قدر اللاتيقن المسموح به وصفه لها . وهو لتحقيق ذلك يضحي بالتفاصيل و ببعض المعلومات الدقيقة المتعلقة بها لينتج وصفا « ملخصا » لها . وهو وصف ، وان كان مبهما بعض الشيء إلا أنه فعال فى تسيير الأمور . وفى الحقيقة تعتبر القدرة على التلخيص واحدة من أهم خصائص التفكير البشرى ، و « الملخص » ، فى نهاية المطاف ، هو بالضرورة وصف تقريبي لموضوع التلخيص .

وفى النهاية ، تقوم قدرة الانسان على مواجهة تعقد الواقع وإدارته على امكانية « الوصف الجيد » لكل من :

— ما نعلمه من أحوال الواقع ، مخلوقا كان أم مصنوعا ، أى المعرفة ،

— ما لا نعلمه من هذه الأحوال يتشكل مؤكد ومحدد ، أى اللاتيقن .

وبقدر ما يمكننا تحقيقه من توازن بينهما ، أى بين « قدر المعلومات المتوفرة » و « قدر اللاتيقن المسموح به » ، فى وصفنا للواقع ، بقدر ما يمكننا السيطرة على التعقد وإدارته لصالح الانسان . ولقد احتل العنصر الأول من عناصر إدارة التعقد ، أى المعرفة ، مكان الصدارة فى اهتمامات الفلاسفة والمفكرين والعلماء والتكنولوجيات فتنقلوا بها وبطرق تجصيلها واستخلاصها من ظواهر الواقع وكياناته ، واهتموا بكيفية قياسها وتسجيلها وتمثيلها (القسم ٢ - ٣) . ولكنهم فى خضم انشغالهم بالعنصر الأول أهملوا العنصر الثانى ، أى اللاتيقن ، فلم يولوه ما يستحق من اهتمام .

٤ - ٢ - تجليات اللاتيقن

تزخر اللغات الطبيعية للانسان بكلمات وعبارات تصف الوضع الذى يجد الانسان نفسه فيه حائرا فى أمره لا يستطيع اتخاذ قرار بعينه ، أو انجاز فعل ما ، وكلمات وعبارات أخرى تصف عجزه عن تمييز شيء ما وتبين ملامحه . فعلى سبيل المثال نجد فى اللغة العربية كلمات من قبيل :

الابهام ، والغموض ، والالتباس ، والمواربة ، والمراوغة ،
والتضارب ، والتناقض ، والبهوت ، والتشوش ،
وعبارات من قبيل :

عدم الوضوح ، وغيبية القطع ، واللادقة ، واللاتحديد .

وهى كلمات وعبارات تعكس هى وغيرها وجها. أو آخر من أوجه
هذا المفهوم المراوغ الذى بات يشغل فكر الانسان ، أى مفهوم
« اللاتيقن » . وإزاء هذا التنوع والتعدد كان لزاما ضبط الأمور ووضع
تعريفات محددة لمفردى ومعنى كلمة اللاتيقن . واليوم تتفق أغلب الآراء
على أن « اللاتيقن » يتبدى فى صورتين متميزتين هما « الابهام »
Vagueness و « الالتباس » Ambiguity [١١٤٧] .

ويعرف « الابهام » بأنه اللاتيقن الناشئ من صعوبة وضع حدود
فاصلة تميز كيانات الواقع عن بعضها البعض ، ومن ثم التعرف عليها
وتبين ملامحها . وأمثلة المواقف « المبهمة » لا تعد ولا تحصى بدءا من
تلمس الطريق فى ظروف شابورة الصباح ، أو تمييز صوت شخص
بعينه وسط ضجيج السيارات ونداءات الباعة المتجولين ، وانتهت
بالتعرف على رأى الصائب فى ظل تشوش الآراء . وتوضح هذه
الأمثلة وغيرها أنه يمكن باستخدام « الفئات الفاتمة » تمثيل الكيانات
« المبهمة » ومن ثم فهى تعتبر إحدى الأدوات الذهنية الرئيسية للتعامل
مع « الابهام » .

أما الصورة الثانية من صور اللاتيقن فهى « الالتباس » . والالتباس
هو اللاتيقن الناشئ من صعوبة المفاضلة بين ما قد يكون مطروحا أمام
المرء من موضوعات محددة وذلك نتيجة لنقص أو لغيبية الشواهد (أو
المعايير) اللازمة للترجيح فيما بينها ، ومن ثم حيرته أمامها وعجزه عن
الانتقاء . ويوضح المثال التالى واحدا من تلك المواقف « المتنبسة » .

القاضى الحائر

تتوقف إدانة شخص ما باقتراف جريمة ما على كفاية
الأدلة . فان توفرت الأدلة الكافية حكمت المحكمة بإدانته
ليصبح المتهم « مذنباً » ، أى أنه يصبح منتبها لفئة المحددة
التي تضم المذنبين ، أى « فئة المذنبين » . أما فى حالة عدم
توفر الأدلة الكافية فان المحكمة تدرأ الحدود بالشبهات
وتحكم ببراءته ليصبح « بريئا » يستحق عضوية الفئة المحددة

التي تضم الأبرياء ، أي « فئة الأبرياء » وبالطبع لا تمضي الأمور بهذا الشكل البسيط ، ففي أحيان كثيرة تتوفر بعض الأدلة التي لا تكفي لإدانة المتهم ، ولكنها في الوقت نفسه لا تدفع إلى تبرئته . وهكذا تجد المحكمة نفسها في حالة « لا يقين » ، فلا هي بالقادرة على إدانته ، ولا هي في نفس الوقت قادرة على تبرئته . أي أنها غير قادرة على إلحاقه بإحدى الفئتين المحددتين : « فئة المذنبين » و « فئة الأبرياء » .

وبالطبع تتعدد المواقف « الملتبسة » تعددا شديدا وتتبدى على مختلف المستويات وفي كافة المجالات . ولا تخلو حياة الإنسان من هذه المواقف ... فمن منا لم يقف حائرا أمام مفترق طرق (سواء أكانت هذه الطرق حقيقية أم مجازية) لا يدري أيها يسلك ... ؟!

ويتضح من هذه الأمثلة وغيرها أن الموضوعات قيد المفاضلة والاختيار يمكن التعبير عنها بواسطة « الفئات المحددة » . ففي حالة القاضي الحائر نجد هناك فئتين محددين : « فئة المذنبين » و « فئة الأبرياء » ، وفي حالة ما إذا كنا أمام مفترق طرق حقيقي سنجد أن هناك « فئة الطرق المتجهة شمالا » و « فئة الطرق المتجهة جنوبا » و « فئة الطرق المتجهة شمال شرق » على سبيل المثال . وتتبدى « الفيفية » ، في حالة الالتباس ، في تقديراتنا لدى دعم الشواهد المتوفرة لدينا لواحد أو أكثر من الخيارات المطروحة أمامنا . ويمكن التعبير عن هذه التقديرات بواسطة أعداد تتراوح قيمها بين الصفر الذي يعبر عن غيبة الشواهد المرجحة لخيار ما غيبة تامة ، والواحد الصحيح الذي يعبر عن توفر هذه الشواهد بشكل تام . وتعرفت هذه التقديرات بـ « المقاييس الغائمة » Fuzzy Measures ويمكن تمثيلها رمزيا بالدالة التالية :

$$\pi : P(X) \rightarrow [0, 1]$$

حيث :

$P(X)$ هي الفئة التي تضم كافة فئات الخيارات المطروحة

أي أن « المقاييس الغائمة » π هو الدالة التي تخصص لكل خيار من الخيارات المطروحة عددا تتراوح قيمته بين الصفر والواحد . هذا ويمكن التمييز بين ثلاثة أنواع من أنواع الالتباس هي :

● الالتباس Nonspecifity

يرتبط هذا النوع من أنواع الالتباس بـ « حجم » الفئات الممثلة للخيارات المطروحة ، فكلما زاد هذا الحجم زاد قدر الحيرة ومن ثم الالتباس . فعلى سبيل المثال تعتبر « فئة الطرق المتجهة شمالا » التى تحتوى على طريقين فقط أكثر تحديدا من تلك التى تحتوى على خمس طرق .

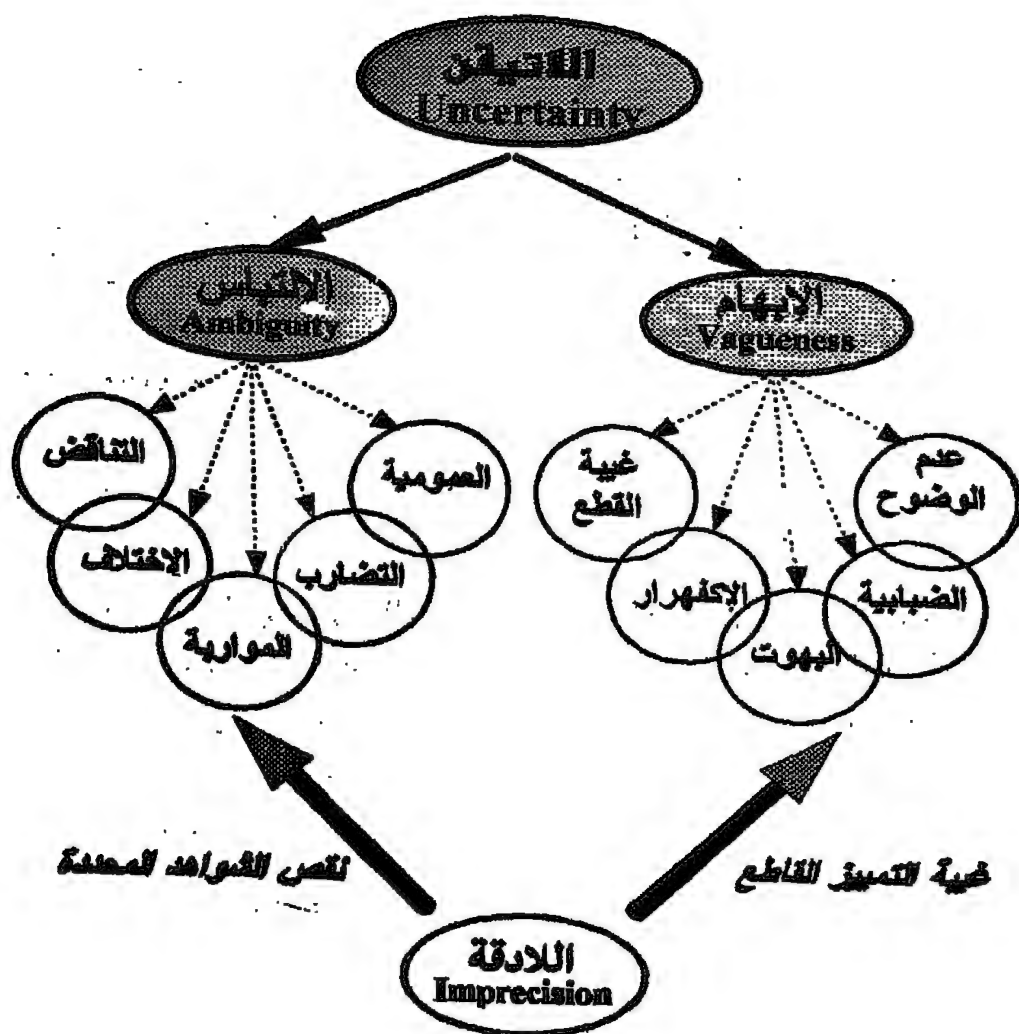
● التضاد Dissonance

وهو الالتباس الذى ينشأ من تساوى كفة الشواهد التى ترجح « خياراً ما » مع تلك التى ترجح « خياراً آخر » ، كأن تتساوى تلك التى ترجح الاتجاه شمالا مع تلك التى ترجح الاتجاه جنوبا ، أو تتساوى تلك المرجحة للاقتران بفتاة صغيرة السن مع تلك المرجحة للزواج بفتاة كبيرة السن .

● التشوش Confusion

وهو الالتباس الذى يرتبط بـ « عدد » الخيارات التى ترجحها الشواهد المتوفرة ، أى بعدد الفئات التى تحتويها الفئة (X)

ومن الجدير ذكره فى هذا المجال أن مفهوم « اللاباقة Imprecision يمكن النظر اليه من منظورين مختلفين . فـ « اللاباقة » من منظور « الإبهام » تعنى نقص البيانات أو المعلومات التى تيسر التعرف على الملامح المميزة لكيان ما ومن ثم تمييزه تمييزاً قاطعاً عن غيره من الكيانات . وهى من منظور « الالتباس » تعنى نقص الشواهد التى تمكننا من تبين نوعه ومن ثم تصنيفه والحاقة على الفئة التى تضم أفراد صنفه من الكيانات .



الشكل (١-٤) : جغرافيا اللاتيقن .

المراجع

- (١) عبد الرحمن بدوي ، المنطق الصوري والرياضي ، الطبعة الخامسة ، وكالة المطبوعات ، الكويت ، ١٩٨١ .
2. A. Getmanova, *Logic*, Progress Publishers, Moscow, 1989.
 3. B. Russel, *Vagueness*, *Austrial J. Philosophy*, No. 1, 1023, pp. 84-92.
 4. L. A. Zadeh, *Fuzzy Sets*, *Information and Control*, Vol. 8, pp. 338-353.
 5. T. Munakata and Y. Jani, *Fuzzy Systems : An Overview*, *Comm. of the ACM*, Vol., 37, No. 3, 1994, pp. 69-76.
 6. L. A. Zadeh, *Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes*, *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. SMC- 3, No. 1, 1973, pp. 28-44.
 7. G. Klir and T. Folger, *Fuzzy Sets, Uncertainty and Information*, Prentice Hall, 1988.
 8. L. A. Zadeh, *Soft Computing*, *Comm. of ACM*, Vol. 37, No. 3, 1994, pp. 77-84.
 9. L. A. Zadeh, *Fuzzy Logic*, *IEEE Computer*, April 1988, pp. 83-92.
 10. B. Kosko and S. Isaka, *Fuzzy Logic*, *Scientific American*, July 1993, pp. 62-67.
 11. G. J. Klir, *Is There More To Uncertainty Than Some Probability Theorists Might Have Us Believe ?*, *Int. J. General Systems*, Vol. 15, pp. 247-378.

اقرأ في هذه السلسلة

جوزيف داموس
سبع معارك فاصلة في العصور
الوسطى

• لينواير تشامبرزلايت
سياسة الولايات المتحدة
الأمريكية أزاء مصر

• د. جون شستلر
كيف قضى ٣٦٥ يوما في
السلة

بيير الير
المصاغة

• د. قيرال وهبة
الكويتية الألبانية لداكتي
في الفن التشكيلي

• د. رمسيس عوض
ثوب الروس قبل الثورة
البلشفية ويعدها

• محمد نعمان جلال
حركة عدم الانحياز في عالم
متغير

مراتكين ل باومر
الفكر الأوروبي الحديث ٤ ج

شركت الريعي
الفن التشكيلي المعاصر في
الوطن العربي

• محي الدين أحمد حسين
الكتفنة الأسرية والإبقاء الصغار

ج. داسلي اندرو
نظريات الفيلم الكبرى

جوزيف كونراد
مختارات من الأدب القصصي

• جرمان دورشتر
حماية في الكون كيف نشأت
وأي نوع توجد

ماتفة من العلماء الأمريكيين
مبادرة الدفاع الاستراتيجي
حرب الفضاء

• السيد عليوة
إدارة المصالحات الدولية

• مصطفى عثمانى
الميكروكمبيوتر

جموعة من الكتاب اليابانيين القساء
والمدن

مختارات من الأدب الياباني
للشعر - الدراما - الحكاية -
القصة القصيرة

بيل شرل وأبنيت
القوة النفسية للأمرام

• صفاء خارمي
فن الترجمة

رالف في مائلر
تولستوي

فيكتور برومبير
ستدال

فيكتور هوجو
رسائل وأحاديث من الملقى

فيرن ميرنبرج
لجزء الكل « محاورات في مضمار
الفيزياء الذرية »

سندي موك
القرات القامضة • ماركس
والماركسيون

• ع. أدنيكوف
فن الأدب الروائي عند تولستوي

هادي نعمان الهيتي
أدب الأطفال « فلسفته ، فنونه
وسايله »

• د. نعمة رحيم العزاوي
أحمد حسن الزيات كاتباً وثاقداً

• د. فاضل أحمد الطائي
أعلام العرب في الكيمياء

جلال المفسري
فكرة المسرح

هنري باربوس
الجهيم

• د. السيد عليوة
صنع القرار السياسي في
مؤسسات الإدارة العامة

جاكوب برونرلسكي
التطور الحضاري للإنسان

• د. دوجر ستروجان
هل تستطيع تعليم الأخلاق
للأطفال ؟

• د. دوجر ستروجان
هل تستطيع تعليم الأخلاق
للأطفال ؟

كاتي ثير
تربية النواجن

• ١. سينس
الموتى وعالمهم في مصر
القيمية

• د. ناصر بيترويتس
الفصل والطب

برتراند رسل
أعلام الأعلام والعصر الأخرى
• د. راني تكيارم جابوتسكي
التقنيات والحياة الحديثة

أليس مكسلي
قصة مقابل قصة

• د. فريمان
الجغرافيا في مائة عام

رايموند وليامز
الثقافة والمجتمع

• ج. فوديس و • ج. نيكستور
تاريخ العلم والتكنولوجيا
٢ ج

ليستريدل راي
الأرض القامضة

والتر آلن
لرواية التجليزية

لويس مارچاس
المؤرخ الذي كان المسرح

فرانسوا دوماس
آلهة مصر

• د. قدرى حنفي وآخرون
الإنسان المصري على الشاشة

أولج فولكف
تكملة مدينة الف ليلة وليلة

ماضم النحاس
الهوية القومية في السينما

ديفيد وليام ماكبول
مجموعات النقود • صيانتها
كصناعاتها - مرصها

عزيز الشوان
لنوميني تصوير تقني ومطلق

• د. محسن جاسم الموسوي
عصر الرواية

ديلان توماس
مجموعة مقالات نقدية

جون لوييس
الإنسان ذلك الكائن الغريب

جول ويست
لرواية للحمية • التجليزية
والفرسية

• د. عبد المطلب شعراوي
المسرح المصري المعاصر

أصله ويدلته

أدور المداوي
عقلى محمود على الظاهر والإنسان

جايريل يابر
تاريخ ملكية الأراضي في مصر
الحديثة

انطوني دى كرسينى وكينيث هينوج
اعلام الفلسفة السياسية
الحديثة

نوايت سوين
كتابة السيناريو للسينما

زافيلسكى ل. س
الزمن والياسه (من جزء من
فيليبون جزء من الثانية وحتى
مليارات السنين)

مهندس ابراهيم القرشوى
اجهزة تكييف الهواء

بيتر رداى
الخدمة الاجتماعية والانضباط
الاجتماعى

جوزيف داموس
سبعة مؤرخين في العصور
الوسطى

س. م. بورا
التجوية اليونانية

د. عاصم محمد رزق
مراكز الصناعة في مصر
الاسلامية

يونالد د. سميسون ونورمان د.
اندرسون

العلم والطلاب والمدارس

د. انور عبد الملك
للضارب المصرى والفكر

ولت وتمان روستو
حوار حول التنمية الاقتصادية

فرد. س. هيس
تبسيط الكيمياء

جون لويس بوركهارت
العادات والتقاليد المصرية
من الامثال الشعبية في م.
محمد على

الان كاسبيار
الكتوك السينمائي

سامى عبد المعلى
التخطيط السياحى في مصر
بين النظرية والتطبيق

فريد هويل وشاندرا ويكراما سيلج
البذور الكويتية

حسين حلمى المهندس
رواما المشاشة (بين النظرية
والتطبيق) للسينما والتلفزيون
ج ٢

روى دوبرسون
الهيروين والايذى والثرهما في
المجتمع

دور كاس ماركيتوك
صور افريقية - نظرة على
حيوانات افريقية

ماشم النحاس
نجيب محفوظ على الشاشة
د. محمود سرى طه

الكومبيوتر في مجالات الحياة

بيتر لورى
المقدرات حقائق نفسية

يوريس فيدورفيتش سيرجيف
وقائف الاعضاء في الالف
الياء

ويليام بينز
الهندسة الوراثية للجميع

ليفيد النرتون
تربية اسماك الزينة

احمد محمد الشترانى
كتب غيرت الفكر الانساني

جون ر. بورز وميلتون جولدينجر
الفلسفة وقضايا العصر ج ٢

ارتولد توينين
الفكر التاريخى عند الافريق

د. صالح رضا
ملاحج وقضايا في الفن
التشكيلى المعاصر

م. ه. كنج وآخرون
المقتضية في البلدان النامية

جورج جامول
بداية بلا نهاية

د. السيد طه السيد ابو سديره
الحرف والصناعات في مصر
الاسلامية منذ الفتح العربى
حتى نهاية العصر الفاطمى

جاليليو جاليليه
حوار حول النظامين الرئيسيين
للكون ج ٣

اريك موريس والان مو
الارهاب

سيريل النريد
اختلافات

ارثر كيستلر
للقبيلة الثلاثة عشرة ويهود
اليوم

ب. كرملان
الاساطير الاغريقية والرومانية

د. توماس ا. هاريس
التوافق النفسى - تحليل
المعاملات الانسانية

لجنة المترجمة
المجلس الاعلى للثقافة

الدليل البيليوجرافى
روائع الاداب العالمية ج ١

روى آرمز
لقطة الصورة في السينما المعاصرة

ناجى متكينر
الثورة الاصلاحية في الميايبن

بول هاريسون
العالم الثالث غدا

ميكايل اليبى وجيمس بلوك
الانقراض الكبير

آدامز فيليب
دليل لتنظيم المتاحف

ليكتور مورجان
تاريخ النقود

محمد كمال اسماعيل
التحليل والتوزيع الاوكستراالى

ابو القاسم الفردوسى
الشاهنامة ج ٢

بيرتون بورتر
الحياة الخريمة ج ٢

جاك كرايس جونيور
كتابة التاريخ في مصر القرن
التاسع عشر

محمد فؤاد كوبرلى
قيام الدولة العثمانية

تونس بار
التمثيل للسينما والتلفزيون

تاجور شين بين -نج وآخرون
مختارات من الاداب الاسيوية

ناصر خسرو علوى
سفرنامه

نادين جوريجير وجريس اوجور-
واخرون
سقوط المطر وقصص اخرى

احمد محمد الشترانى
كتب غيرت الفكر الانساني
ج ٧

جان لويس بوزى وآخرون
في النقد السينمائي الفرنسي

العلماء في اوربا
بول كرايز

الحقيقة الرمادية - ٨٩

موديس بين براير
صناع القلوب

زيجمونت هنز
جماليات فن الافراج

جوناثان ريلي سميت
الحملة الصليبية الاولى وكثرة
الحروب الصليبية

الفريد ج. بتلر
الكنايس القبطية القديمة
مصر ٢ ج

ريتشارد شاغت
رواد الفلسفة الحديثة

ترانيم زرادشت
من كتاب الانستا القمص

الحاج يونس المصري
رحلات تاريخية

ميريت ثيلر
الاتصال والهوية الثقافية

يوترايد رامل
للسلطة والقوة

بيتر نيكولز
الخيال الخيالية

انوار ميرى
من النقد السجلاني الامم

لقاى لويش
مصر الرومانية

سيفس اورمنت
التاريخ من شى جوانيه ٢ ج

موني براج واخرون
السياسة العربية من الخليج الى
المحيط

هانس بكار
لهم يصنعون البشر

هابر محمد الجرار
ماستريخت

ابرهام كريم الله
من هم القطار

ج. س. فريد
الكاتب الحديث وعالمه
٢ ج

سوريل عبد الملك
حيث الله

من روائع الاداب الهنمية
لوريت تود

مخل الى علم اللغة
اسحق عظيموف

الشموس المتغيرة
السرار السوبر توف

مارجريت زور
ما بعد الحداثة

د. ليارد نودج
الزهر في الف عام

ستين والنيمان
الحمائل الصليبية

ج. راز
مضام تاريخ الاسلام
٤ ج

جوستاف جرونباوم
حضارة الاسلام

عبد الرحمن عبد الله الشيخ
رحلة بيراتون الى مصر والحجاز
٢ ج

جلال عبد الفتاح
لكون ذلك المجهول

ارنولد جزل واخرون
الطفل من الخامسة الى العاشرة
٢ ج

يادى اوليمود
الرواية - الطريق الآخر

د. محمد زينهم
فن الزجاج

برنيسلو مالبونفسكى
السحر والعلم والدين

ادم مثر
الحضارة الاسلامية

فالنس بكار
لهم يصنعون البشر

عبد الرحمن عبد الله الشيخ
وميات رحلة لاسكو ناجاما

ايفرى شابرمان
كوفنا المتعددة

سومبارد
الفلسفة الجوهرية

مارتن مار كريل
جوب المستقبل

فرانسيس ج. برجين
الاعلام التطبيقية

عبد مباد
للمصرية من محمد على
للمساعات

ج. كاريل
تسيط المفاهيم للهتنية

توماس ليبهارت
من الماييم والباتنوميم

انوار دوبرو
التفكير المتعدد

وليام ه. ماثيود
ما هي الجيولوجيا

ما هي الجيولوجيا

كريستيان ساليه
السياترو في السينما الفرنسية

بول وارت
خفيا نظام النجم الامريكى

جوديث ستاينز
بين تولستوى ودوستويفسكى
٢ ج

يانكر لافرين

الرومانتيكية والواقعية

محمد سامى عطا الله
الفيلم السينمائي

جوزيف بلس
رحلة جوزيف بلس

ستافى جيه سولومون
انواع الفيلم الامريكى

مارى ب. ناش
الحصر والبيش والسوة

جوزيف م. يوجز
فن القزجة على الافلام

كريستيان ديروش نويكود
المرأة الفرعونية

جوزيف يندمام
موجز تاريخ العلم والحضارة
في الصين

ليوناردو دالفشى
نظرة التصوير

ت. ج. ه. جيمز
كلوز الفراغة

رودولف هون هايسبرج
رحلة الامير رولف الى الشرق
٢ ج

مالكوم برايدى
الرواية اليوم

وليم مارسدن
رحلة ماركو بولو ٢ ج

ميرى بيرين
تاريخ اوريا في العصور الوسطى

بيفيد شينز
نظرة الانب المعاصر وقراءة الشعر

اسحق عظيموف
العلم وافاق المستقبل

روزالد دافيد لانج
لحكمة والجنون والحماة

كارل بير
بمنا عن عالم الطفل

فرمان كلارك
الاقتصاد السياسى للعلم

والاقتصاد السياسى للعلم

السيد نصر الدين السيد
اطلالات على الزمن الآتى
ممدوح عطية
البرنامج القوى الاسرائيلى
والامن القومى العربى)
٠ - ليوبوسكاليا
الحب
ايغور ايفانس
مجلد تاريخ الانب الانجليزى
ميربرت ريد
التربية عن طريق الفن
وليام بينز
معجم التكنولوجيا الحيوية
القين توفلر
تحول السلطة ٢ ج
يوسف شرارة
هفكات القرن الحادى والعشرين
والعلاقات الدولية
رولاند جاكسون
الكيمياء فى خدمة الانسان
ت ٠ ج ٠ جيمر
الحياة ايام القراءة
جرج كاشمان
هذا تشب الصوب ٢ ج
حسام الدين زكريا
الظنون بروكتر
ازرا ف ٠ فوجل
المعزة اليابانية

ولفرد هولز
كالت ملكة على مصر
جيمس هنرى برستد
تاريخ مصر
بول داليد
التفائق الثلاث الاخيرة
جوزيف وهارى فيللمان
دينامية الفيلم
ج ٠ كرتنر
المضمار الفيتيقية
ارنست كاسبرو
فى المعرفة التاريخية
كنت ا ٠ كنفن
روسيسى الثاني
جان بول سارتر واخرون
مقتنرات من المسرح العالمى
روزالد ٠ وجاك يانسن
الطفل المصرى القديم
نيكولاس مايد
شراوك هولز
ميجيل دى ليس
الفنانون
جوسيبين دى لونا
موسوليتى
الويز جريتر
موسنارت
طى عبد المعروف البهى
م ٠ بات من الشعر الاسبانى

روبرت سكواز واخرون
اتفاق ادب الخيال العلمى
ب ٠ سن نيدين
المفهوم الحديث للسكان والزمان
من ٠ هولارد
اشهر الرحلات الى غرب افريقيا
و ٠ بارتولد
تاريخ الترك فى اسيا الوسطى
فلاديمير تيمانيان
تاريخ اوربا الشرقية
جابريل جاجارسيا ماركيز
الجنرال فى القسامة
هنرى برجسون
الضمك
مستطى محمود سليمان
الززال
م ٠ و ٠ ثرنج
خسبير المهنس
١ ٠ ر ٠ جرنى
الميتيون
ستيلر موسكاتى
المضمارات الاسلمية
٠ ٠ ايرت خورلى
تاريخ الشعوب العربية
محمود قاسم
الكتب العربى المكتوب بالفرنسية

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ١٩٩٧/٨٣٥٧

ISBN — 977 — 01 — 5367 — 2

قبل أكثر من ألفي عام، وضع الفيلسوف اليوناني أرسطو أسس المنطق التقليدي الذي سيطر بقواعده وقوانينه على الفكر الإنساني على مدار العصور التالية، رغم التغيرات الفكرية والحضارية التي أعادت تشكيل العالم.

ولكن هذا المنطق، رغم قيمته الهائلة، لم يتناسب مع العصر الحديث الذي بات بحاجة إلى منطق جديد لا ينهض على ثنائية الخطأ والصواب الصارمة التي تشكل لب المنطق الأرسطي، بل يقترب من واقع الإنسان الذي ينتفى فيه هذا المطلق ولا يخلو أمر من أموره من امتزاج الخطأ والصواب بدرجة أو بأخرى، ومن هنا جاء اسم

هذا الكتاب "الحقيقة الرمادية" ليعبر عن تعدد درجات الحقيقة بدلاً من مفهوم الأبيض والأسود أو الخطأ والصواب. ومن هنا تأتي أهمية هذا العمل الذي يعرض لذلك المنطق الثوري الحديث الذي سوف يشكل فكر الإنسان في العصر القادم وحضارته المقبلة.

To: www.al-mostafa.com